

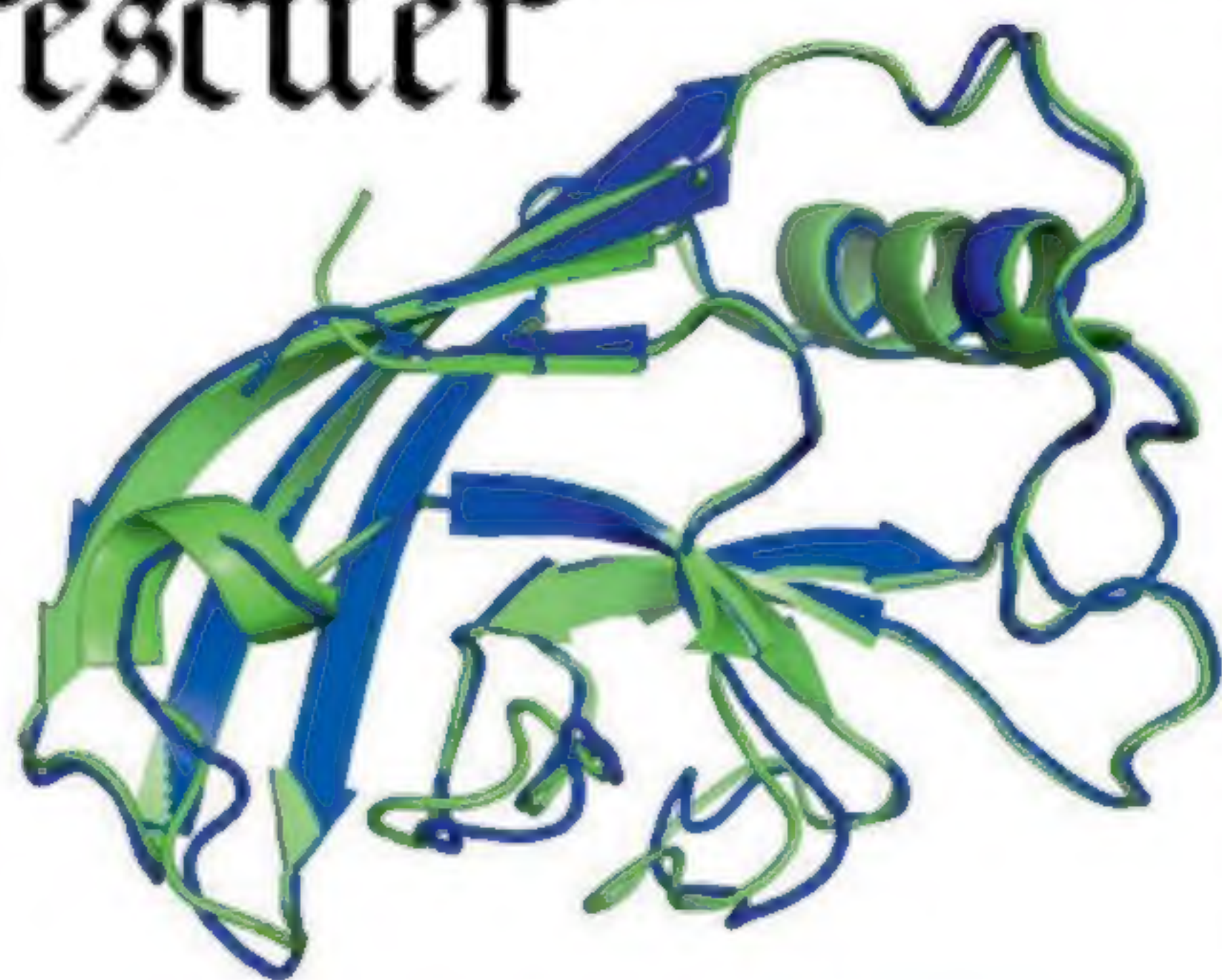


НАУКА И ЖИЗНЬ

ISSN: 1683-9528

И 2024 ● Личинка, куколка, комар... Очень узкая область биологии? Отнюдь! ● Путешествия по Солнечной системе продолжаются: летим к поясу Койпера ● Фантастика — не золушка из литературного «гетто». А что? ● Надо любить диких зверей! Но отойдя от них на некоторое расстояние.

гессер



AlphaFold

Experiment

НАУКА И ЖИЗНЬ

В ЦИФРОВОМ ФОРМАТЕ

ДЛЯ ТЕХ,
КТО ЛЮБИТ
ЧИТАТЬ
С ЭКРАНА



ЦИФРОВАЯ ВЕРСИЯ
ЖУРНАЛА



РЕДАКЦИОННЫЙ
ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН:
www.nkj.ru/shop/773/
(подписка и отдельные номера)

Читайте в приложениях для мобильных устройств:
PRESSA.RU • ЛитРес • Строки • Kiozk

www.nkj.ru

e-mail: subscribe@nkj.ru

В Н О М Е Р Е :

В. БОЛЬШАКОВ, канд. биол. наук —
Каждая личинка — индивидуальность
(беседу ведёт Н. Лескова) 2
Десять значимых событий 2023 года
в физике и астрономии (материал
подготовил канд. физ.-мат. наук
А. Понятов) 14
Наука и жизнь сто лет назад 23

Вести из лабораторий

О. ЗАКУТНЯЯ — Облака в объекти-
ве (24). Т. ЗИМИНА — Тонкая настройка
для успешной реакции (58); Пептид
морской анемоны поможет лечить диа-
бет (59).

Бюро иностранной научно-технической
информации 26
А. ФИНКЕЛЬШТЕЙН, чл.-корр. РАН,
Н. БОГАТЫРЁВА, канд. физ.-мат. наук,
Д. ИВАНКОВ, канд. физ.-мат. наук —
Искусственный интеллект
для физики белка 30
Кунсткамера 40
О. ПЕРШИН — Мастера маскировки 42
В. МАКСИМОВ, канд. филол. наук —
Из истории фамилий 56
Рефераты (подготовил Л. Ашкинази) 60
Н. ЕСКИН — Заповедник: остров в море
цивилизации (беседу ведёт
Н. Лескова) 62
Заповедные новости 78

«УМА ПАЛАТА»

Познавательный-развивающий раздел
для школьников

А. СДОБИНА — Обитатели пояса
Койпера (81). Д. ЗЛАТОПОЛЬСКИЙ,
канд. техн. наук — Тональная система
Джона Нистрома (90). Р. СЕЙФУЛИ-
НА, канд. биол. наук — Экстремалы
в природе, или О пределах выносли-
вости (92). Ю. ПОПОВ — Число года
2024 (101).

О чём пишут научно-популярные
журналы мира 102
И. СОКОЛЬСКИЙ, канд. фармацевт.
наук — Австралийский орех
макадамия 107
А. ПЕРВУШИН — Наука в фантастике:
эпизоды истории. Достоверные
чудеса прогресса 112
Л. АШКИНАЗИ, Н. СЪЯНОВА —
Что видим? Нечто странное!
Вопросы, вопросы... 126
С. ШКОДИНА — «Ванильная
кудряшка» 129
А. СТОЛЯРОВ — Танцуют все
(фантастическая повесть,
продолжение) 132
«Воскресят ли...» Но кого? 139
Маленькие хитрости 140
Ответы на кроссворд
с фрагментами 141
Кроссворд с фрагментами 142

НА ОБЛОЖКЕ:

1-я стр. — «Мадонна» с младенцем. На
фото Олега Першина — козодой, мать
и дитя. (См. его статью, стр. 42.)

Внизу: Искусственный интеллект, обу-
ченный на большом массиве данных,
способен довольно точно предсказать
пространственную структуру белка по его
аминокислотной последовательности. На
рисунке показан результат работы програм-
мы AlphaFold 2: синие линии — предска-
зание, зелёные — эксперимент. Совпадение
впечатляет! Но вот физических принципов
построения белковых структур ИИ пока не
знает и самостоятельно определять, будет
ли нарисованная им структура реальной и
жизнеспособной, не умеет... Пока. (См. ста-
тью «Искусственный интеллект для физики
белка» на стр. 30.)

4-я стр. — Благородный олень — фоновое
животное Кавказа, не редкое здесь. Ещё,
пока. Фото Сергея Трепета. (См. ста-
тью «Заповедник: остров в море цивилиза-
ции», стр. 62.)



НАУКА И ЖИЗНЬ®

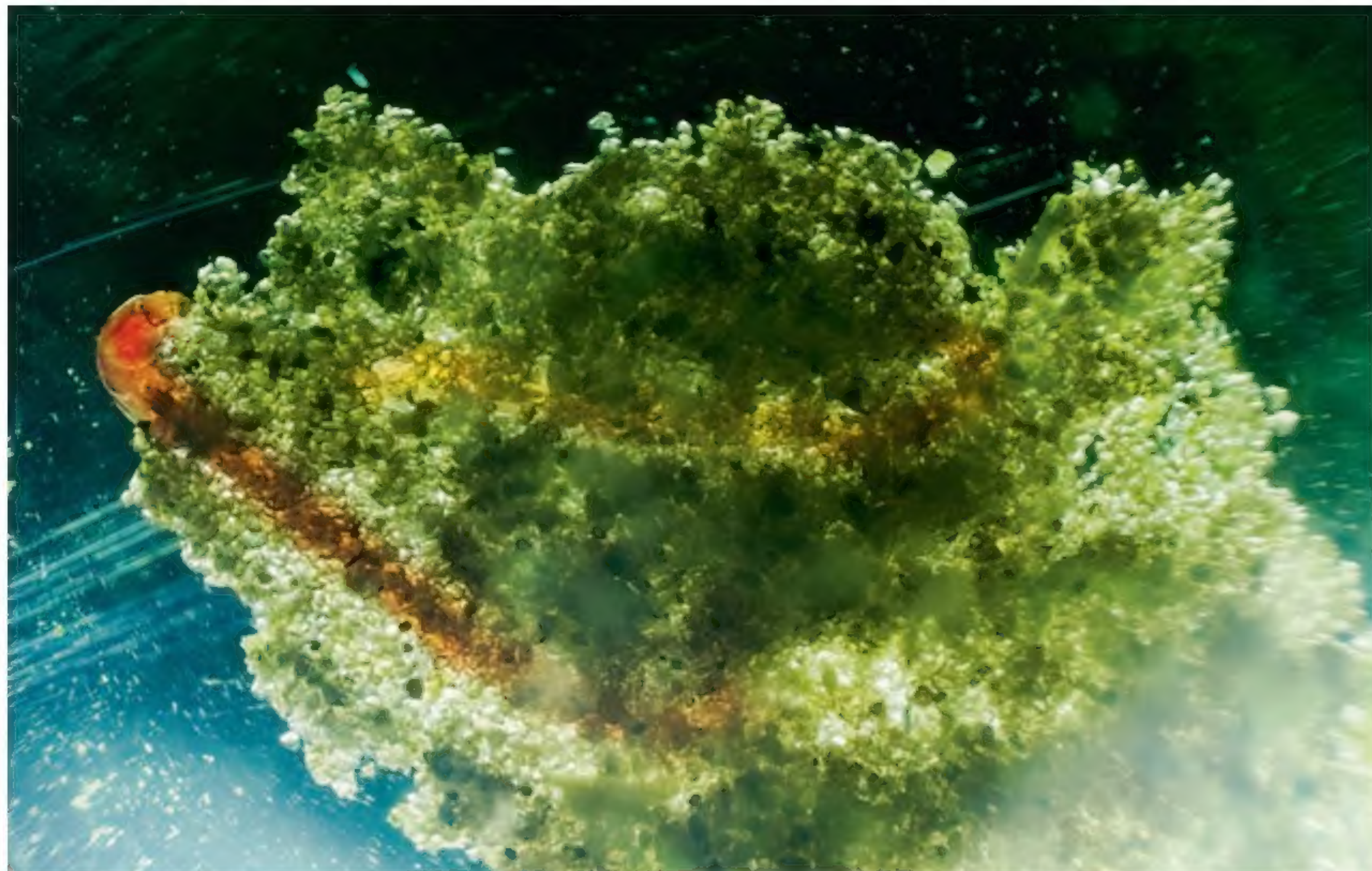
№ 1

Я Н В А Р Ь

2024

Журнал основан в 1890 году.
Издание возобновлено в октябре 1934 года.

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ



На снимках: слева — личинки *Chironomus riparius* в своих домиках из песка в чашке Петри в лабораторных условиях; сверху — куколка *Chironomus riparius*.

КАЖДАЯ ЛИЧИНКА — ИНДИВИДУАЛЬНОСТЬ

Рыбаки используют их как наживку, аквариумисты — как корм для аквариумных рыбок. Но, оказывается, эти небольшие червячки красного цвета, которых обычно называют мотылём, — объект пристального внимания биологов.

Рассказывает кандидат биологических наук Виктор БОЛЬШАКОВ, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической биохимии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина. Беседу ведёт Наталия Лескова.

— Виктор Викторович, что такое мотыль с научной точки зрения и чем он интересен?

— Мотыль — собирательное название личинок комаров-звонцов, по-научному хирономид. Комары-звонцы не кусаются и не пьют кровь. Их личинки тоже мирные — живут на дне водоёма, строят трубки-домики и помогают очищать воду от различных загрязнений.

— Трубки-домики? А как они выглядят?

— Личинки прорывают себе в грунте маленькие туннели, укрепляют их паутиной, которую сами же и производят. Они могут собирать вокруг входа песчинки, сами

подтаскивают их к себе в дом и укрепляют стенки. В домиках личинки живут, прячутся от хищников, создают в них посредством ундуляции перемещение воды. Ундуляция — это периодические изгибания. Как будто маленькая турбинка сидит внутри трубки-домика, создаёт ток воды, который проходит сквозь натянутую паутину, только не как у паука, а в виде беспорядочно натянутых нитей, на которых задерживаются пищевые частицы, как на фильтре, и личинка их периодически съедает. Домики нужно постоянно ремонтировать, укреплять, и когда личинки покидают их — когда им становится пора превращаться в комаров — домики быстро разрушаются.

— То есть эти личинки — достаточно сложно организованные существа, строящие жилища. За ними специально наблюдали, чтобы всё это выяснить?

— Да, есть работы 1940—1950-х годов британского биолога Барбары Уолш. Она проводила эксперименты с личинками, помещая их в искусственную среду, и смотрела, как они строят трубки-домики. Сотрудник нашего Института Николай Александрович Шобанов тоже проводил такие эксперименты. Собранных личинок он помещал в экспериментальный сосуд с прозрачными стенками и наблюдал в течение четырёх месяцев, как они строят свои жилища. Кроме того, учёные занимались послойной съёмкой грунта: погружали дночерпатель, поделённый на секции, и в глубоких слоях находили личинок. Они поняли, что если бы личинка оказалась там в изоляции, она бы погибла без кислорода и пищи. Значит, у неё должен быть выход на поверхность, а лучше два, чтобы в один вода входила, а из другого, соответственно, выходила.

Этот эксперимент можно повторить даже у себя дома. Нужно посадить личинок в аква-

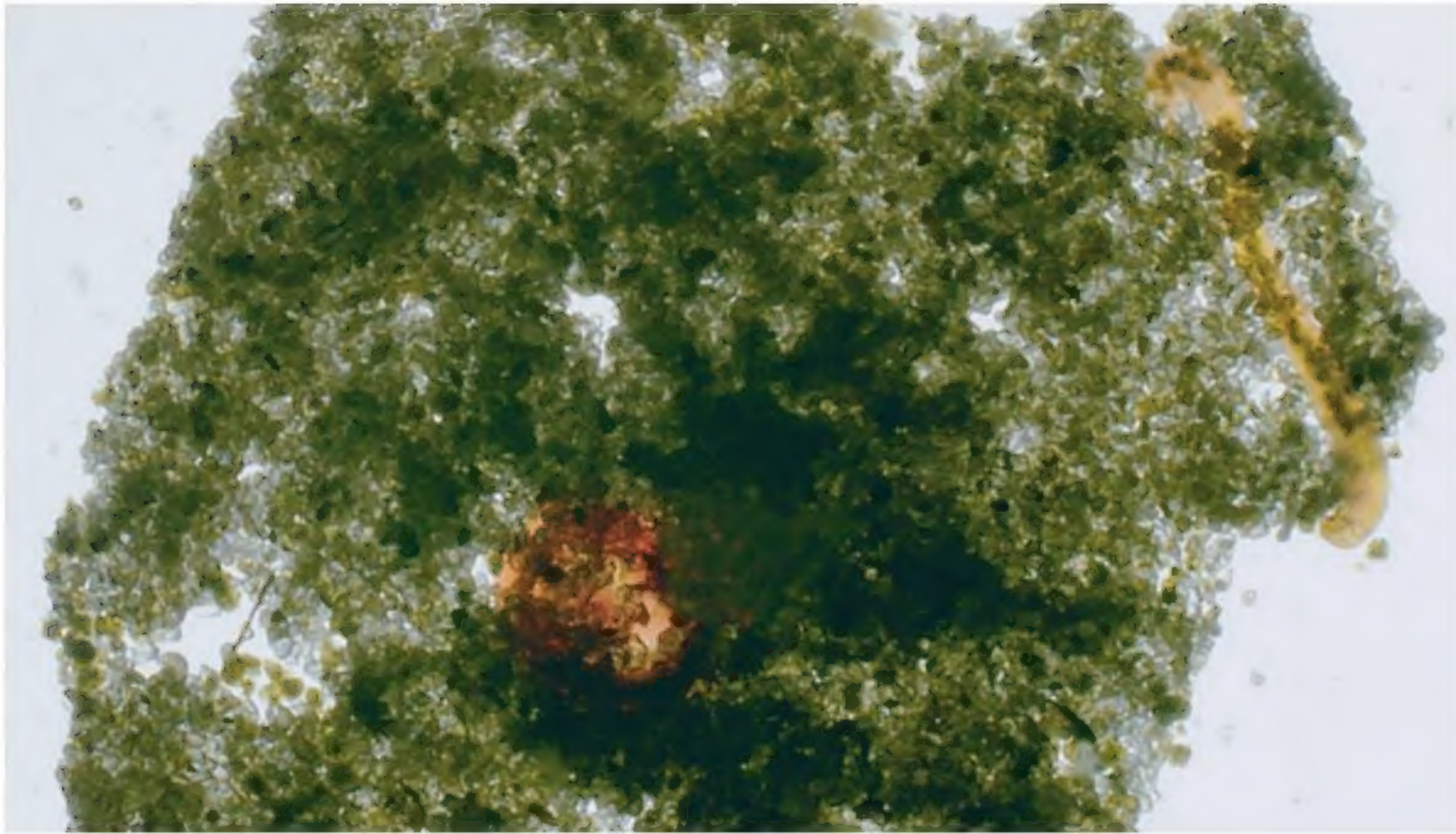
риум, и если хотя бы одна из них поселится около прозрачной стенки, вы увидите, как она будет строить свой домик. Её можно периодически фотографировать, чтобы фиксировать успехи.

— Вы сказали, что это личинки комаров-звонцов. А почему они звонцы?

— Звонцами их называют, потому что они во время полёта издают звук, похожий на звон, — в отличие от кровососущих комаров, которые пищат над ухом и мешают нам спать. Видов комаров-звонцов достаточно много, и ведут они себя по-разному: некоторые роятся над водоёмами в безветренное время, другие вообще не роятся, а просто сидят на растениях. Но есть модельный вид — Хирономус плюмозус (*Chironomus plumosus* L., 1758). У него большие усы в виде пера, а передние конечности подняты вверх, как у дирижёра.

— Вы сразу отличаете такого комара? Вот он сел на вас, и вы знаете: этот хочет меня укусить, а этого я убивать не буду.

— Да, конечно. Комары-звонцы нас даже не боятся, не улетают от нас. По такому поведению их очень легко отличить от кро-



Личинки хирономид (лабораторной культуры *Chironomus riparius*) в домиках, в чашке Петри.

вососущих комаров. Например, если у нас во второй половине августа открыть окно без сетки, в комнату налетает очень много комаров. Но они просто сидят вокруг люстры, вокруг ламп, и мы совершенно им безразличны. Это и есть хирономиды самых разных видов.

— **А питаются они чем?**

— Ничем. У них нет ротового аппарата. Они лишь могут пить росу. Взрослые комары живут всего 2—3 дня, редко чуть дольше, поэтому и нет необходимости питаться. Всё равно после спаривания они погибают. Такой вот странный, на первый взгляд, жизненный цикл: из красной личинки выходит комар, он живёт максимум одну неделю и



Яйца хирономид и двух-трёхдневная личинка *Chironomus riparius*.



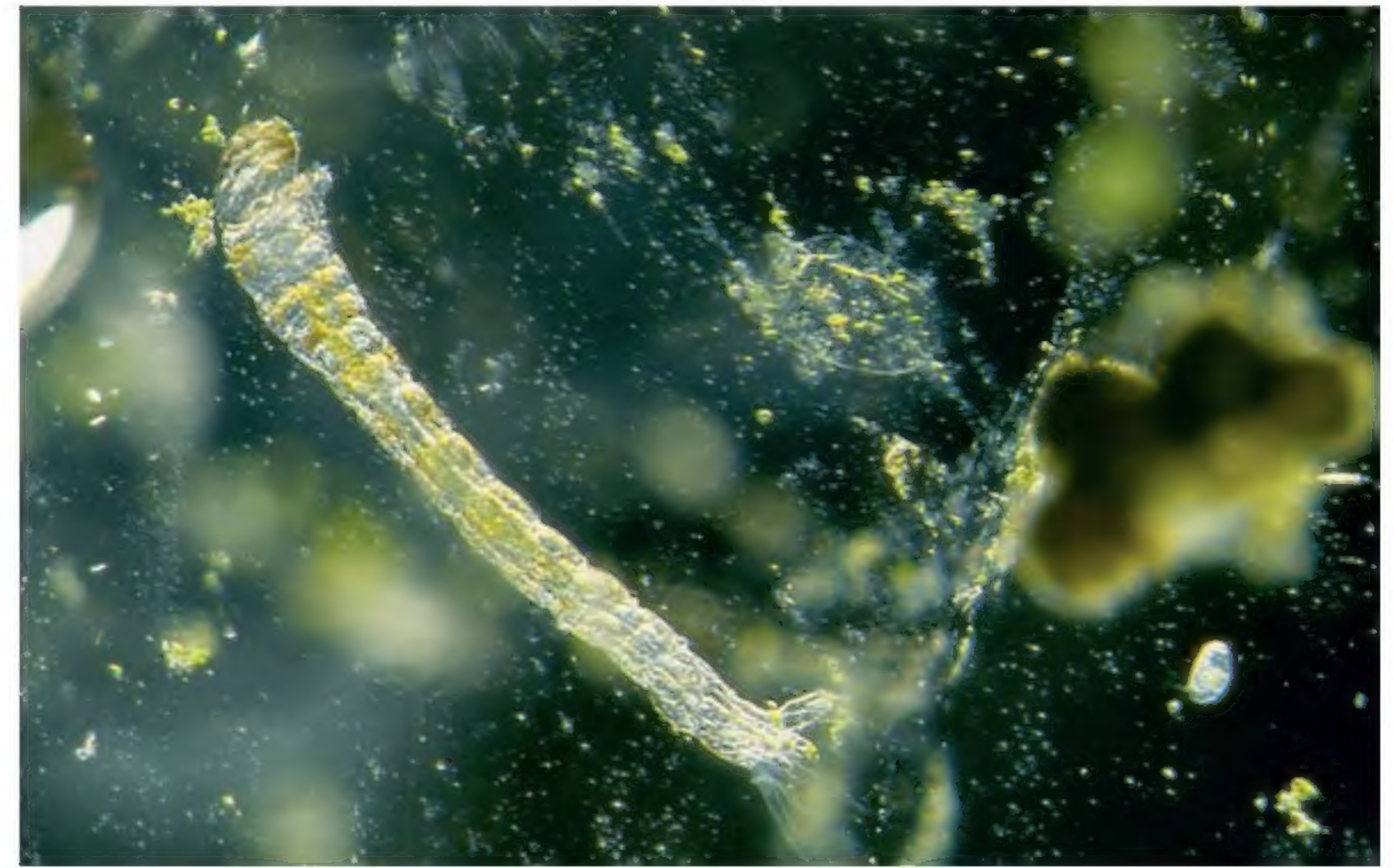
Фото Натальи Лесковой

Виктор Викторович Большаков.

служит только для размножения, для продолжения рода.

Семейство хирономид огромное, несколько тысяч видов. А видов с красными личинками, или хирономусов, в европейской части России живёт около шестидесяти. Личиночная стадия — основная в их жизни. В нашем климате за лето происходит

два-три цикла размножения, два-три вылета. Но у некоторых видов личинка может жить три-четыре года, например, в районах вечной мерзлоты, где очень короткое лето, которое длится несколько недель. И когда личинка накапливает сумму положительных температур, тогда она превращается в куколку, из которой выходит комар. →



Личинка *Chironomus riparius*, размер 2—3 мм.

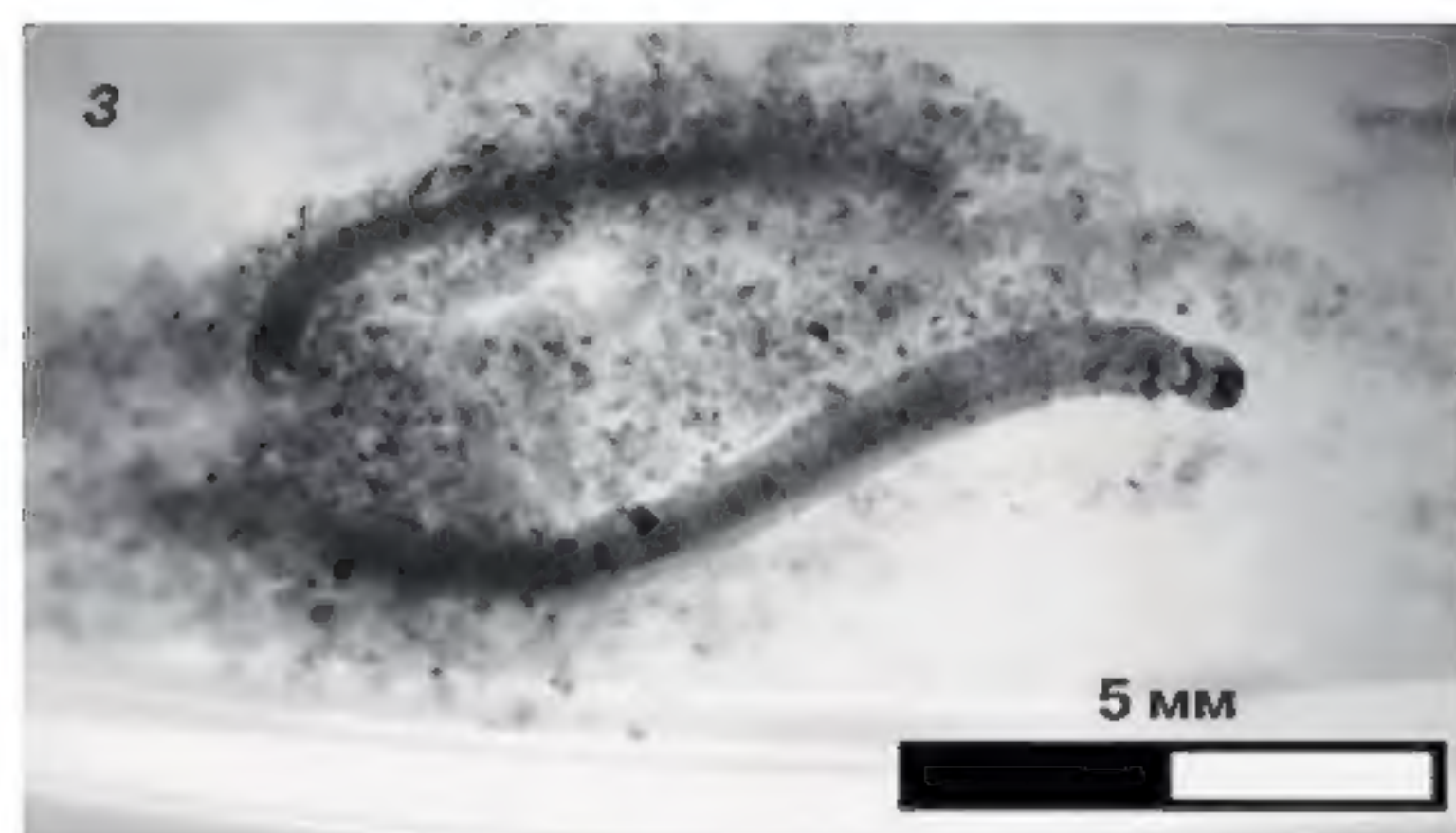
— **Осень и зиму личинки проводят на дне водоёма?**

— Да. Они ждут своего часа — потепления. Когда вода достаточно прогревается, они понимают, что пришла весна. В нашем Рыбинском водохранилище это примерно начало июня. А из прогретых луж они могут вылететь уже в мае — всё зависит от температуры воды.

Мотыль — это основной корм ценных промысловых рыб, невероятный источник белка, который легко усваивается. Рыба растёт на личинках как на дрожжах.

— **А что если рыба съест всех личинок, так что комарам не из чего будет вылупиться?**

— Личинок настолько много, что такой угрозы нет. Самка откладывает кладку, в



Личинка Chironomus dilutus меняет положение в домике в прозрачном субстрате (бактоагаре).

Фото из статьи: Большаков В. В. К методике содержания *Chironomus dilutus* на бактоагаре // Зоологический журнал, 2015, т. 94, № 9, с. 1108—1113.

которой от 600 до 3500 яиц, и практически из всех яиц выходят личинки. Если бы они все доживали до стадии комара, у нас было бы комариное царство — дышать было бы невозможно, они были бы везде.

— **То есть природа так устроила, что они жертвуют собой, чтобы прокормить другие виды?**

— Это скорее не жертва, а жизненная стратегия: либо ты воспитываешь одного детёныша и доводишь его до половозрелого состояния, либо ты не хочешь о детёнышах заботиться, но тогда нужны тысячи потомков, с расчётом, что кто-нибудь из них выживет.

Ещё личинки комаров-звонцов способствуют очистке водоёмов, создавая благоприятные условия для развития полезных бактерий. С помощью своих трубок-домиков они увеличивают поверхность соприкосновения воды и грунта. На этой поверхности поселяются полезные бактерии, которые питаются загрязняющими веществами, очищая тем самым воду. Вот было плоское дно — в нём появились трубочки с неровными стенками, чем-то похожие на губку для мытья посуды и активированный уголь.

А можно представить другую ситуацию: есть мелкий водоём, например канава, в ней ещё ничего нет, только вода. Но вот прилетел комар, отложил яйца, из которых вышли личинки, они нашли какие-то мельчайшие частицы органики, начали питаться и выделять в воду отходы своей жизнедеятельности. На этих отходах начали развиваться бактерии ещё в большем количестве. Через какое-то время в этом модельном водоёме складываются такие условия, что в нём могут жить другие животные.

— **Получается, что личинки могут изменить экосистему?**

— Да. Прилетают комары, их личинки очищают воду, осаждавая взвешенные частицы и создавая благоприятную среду для жизни полезных бактерий и других организмов. Вот чем они полезны.

— **Чем они интересны для науки?**

— Значительная часть видов хирономид описана не по взрослой стадии, а по личиночной, потому что личинок легче найти. Помните, комар — это очень короткая, недолго живущая стадия. Если вы пришли на лужайку, покосили сачком в траве и никого



Куколка Chironomus riparius. Хорошо видны будущие крылья и ноги. Белый пушок — это жабры.



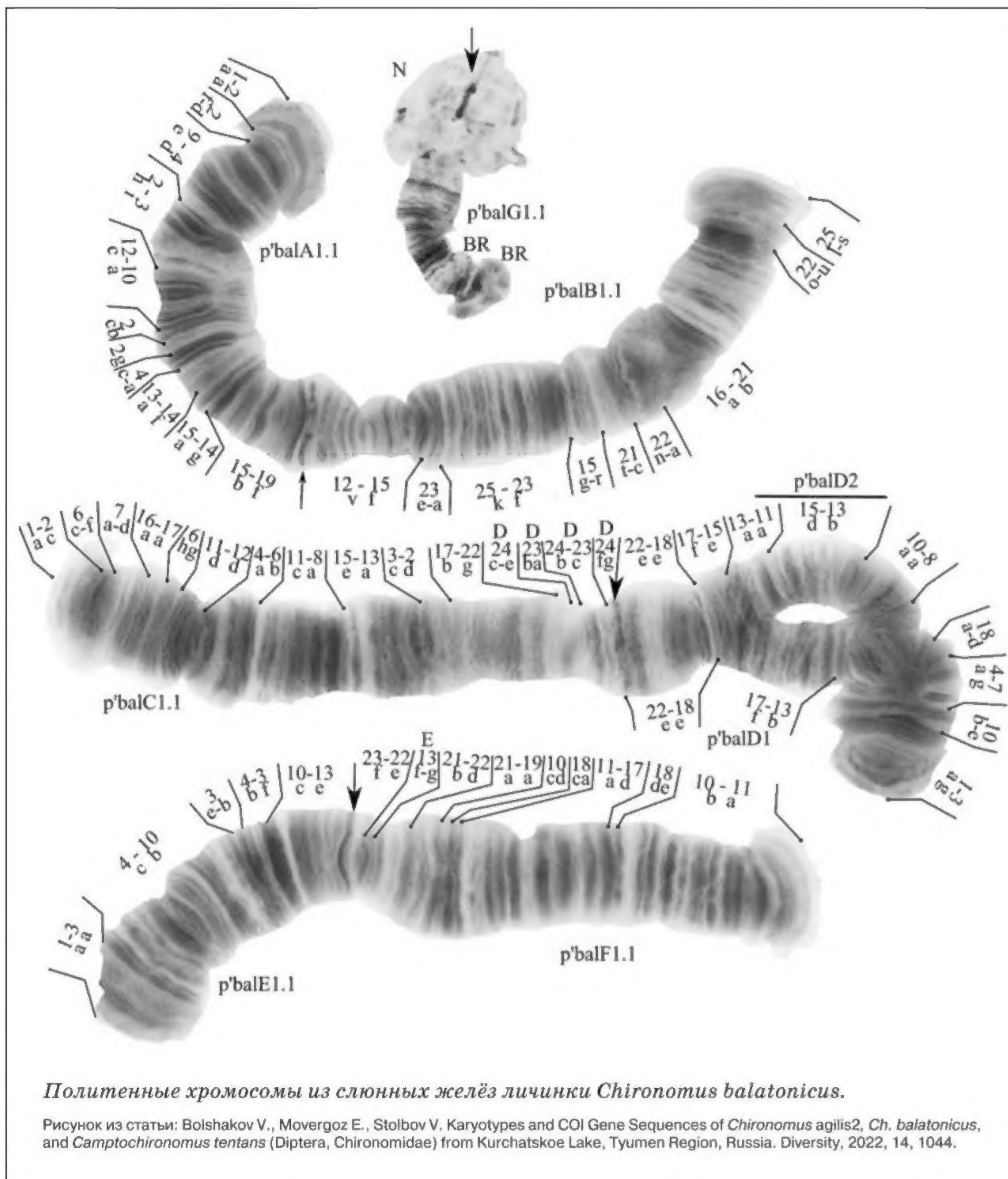
не нашли, это не значит, что хирономид в этом месте нет, просто комары ещё не вылетели.

А если вы пришли на водоём с ситом, промыли грунт и нашли там личинок хирономид, неизвестных науке, то можно описать новые виды хотя бы по личинке. И что самое интересное — собранные вами красные личинки слабо различаются по морфологии между собой. Их межвидовые

признаки пересекаются и как бы перетекают из одного вида в другой. Чёткой границы между видами нет.

Есть ещё внутривидовая изменчивость, которая зависит от условий в водоёме. Бывали случаи, когда один вид описывали несколько раз. Встречаются и виды-близнецы, которые, наоборот, описывают как один вид.

— **Как же вы их отличаете?**



— На наше счастье, у них есть слюнные железы, а в них — политенные, или многонитчатые хромосомы, которые возникают в результате многократного удвоения нитей ДНК, но клетка при этом не делится. Новые нити ДНК как бы магнитятся друг к другу, конъюгируют, и через большое количество удвоений эти хромосомы становятся видны практически невооружённым глазом. Их можно увидеть даже через обычную лупу в виде маленьких полосатых телец, только сначала нужно правильно окрасить. Когда их видят в первый раз,

говорят, что внутри личинок хирономид как будто сидят маленькие червячки. Политенные хромосомы нужны для того, чтобы производить как можно больше слюнного секрета. Чем больше ДНК, тем больше «фабрика» по его производству. Личинке нужно производить много этого секрета, чтобы построить трубку-домик, вовремя её отремонтировать, натянуть ловчую сеть из нитей.

— **Политенные хромосомы — это уникальное свойство? У других организмов ничего подобного не наблюдается?**

— Встречается, но у личинок хирономид, на мой взгляд, самые красивые хромосомы. Это подтверждают коллеги, которые занимаются другими группами, у которых тоже есть политенные хромосомы.

Рисунок на этих хромосомах видоспецифичен. Этот рисунок состоит из чередующихся тёмных и светлых полос. Когда накопилось достаточно материала, учёные выделили отдельные районы с самыми заметными полосами, пронумеровали их и сделали маркерными, чтобы можно было ориентироваться. Кто-то сравнивает чередование полос со штрихкодом на товарах, и действительно очень похоже. У видов бывают не только межвидовые различия по такому штрихкоду, но и внутривидовые. Это называется полиморфизмом. Например, повернулся один участок на хромосоме на 180°, и вот у нас новая последовательность полос.

У нашего модельного вида *Chironomus plumosus* известно около 70 инверсионных вариантов хромосом. Какие-то варианты были встречены только раз, другие встречаются постоянно. Причём распределение разных инверсионных вариантов хромосом по ареалу не одинаково и зависит не от географического положения водоёма, а от условий среды обитания личинок.

Если два водоёма находятся рядом и условия в них разные, то и у личинок хирономид будет разный набор хромосомных инверсий. Предположительно, разные хромосомные инверсии обладают различными адаптивными возможностями, то есть не сами хромосомы, а личинки могут получать новые «суперспособности» выживать в различных условиях. Именно поэтому распространение их может быть неравномерным.

— **Какие температуры они могут выдерживать?**

— Трудно сказать. Но они не должны вмерзнуть в грунт. Они очень плохо это переносят, выживают единичные особи. Чтобы узнать, как они приспосабливаются к разным условиям, далеко ходить не надо. Мы изучали личинок из Рыбинского водохранилища и из ближайших к нему водоёмов и нашли такую закономерность. У всех личинок из водохранилища на первой хромосоме в плече В встречается вариант В2, а у

личинок из пруда на берегу водохранилища исключительно вариант В1. Комары легко перемещаются между этими водоёмами и откладывают яйца, но выживают только обладатели «полезных» хромосомных инверсий, соответствующих своему водоёму.

Я привёл пример только с двумя хромосомными инверсиями, а их, напомним, около семидесяти.

— **Но это не значит, что больше нет?**

— Нужно искать. Когда-то мы нашли в Рыбинском водохранилище вариант В9, а сейчас есть вариант В16. То есть для плеча В первой хромосомы известно 16 инверсионных вариантов. Каждая из хромосомных инверсий может играть важную адаптивную роль. В дальнейшем можно ставить эксперименты по влиянию разных условий среды, например солёности, на личинок с разными комбинациями хромосомных инверсий. Думаю, что это будет интересной работой для интересующихся студентов.

— **Я вижу, что у вас в лаборатории в аквариуме живут личинки. Что вы с ними делаете?**

— Они здесь для души, сейчас я просто за ними наблюдаю. А так это стандартная лабораторная культура *Chironomus riparius*. Вот здесь у меня живёт ещё и дафния magna.

— **Они нормально живут рядом друг с другом?**

— Да, совершенно. Они не пересекаются между собой. А вот если плотность посадки личинок очень большая, они могут прокусывать покровы друг друга, и тогда кто первый истечёт гемолимфой, тот и проиграл. В природе мы такого не видели, конечно, потому что это очень сложно наблюдать, а в лабораторных условиях — пожалуйста.

— **То есть они тоже могут быть агрессивными?**

— Да, это борьба за пищу и «место под солнцем». Они, бывает, враждуют и выгоняют друг друга из домиков, занимают домик своего конкурента или, наоборот, он отбивается, и «хулиган» уходит ни с чем. Да, это маленький мир. А что касается наших экспериментов — мы смотрели, как влияет солёность, голодание и т. д.

— **И как у них с экстремальными условиями? Слышала, что комары-звонцы — один из модельных образцов для**

испытания на экстремофильность, их даже в космос отправляли.

— К сожалению, я не слышал про космические путешествия хирономид. Но знаю об уникальном виде *Polypedium vanderplanki*, он переносит полное высушивание. Его нашли в Африке на дне временных, пересыхающих, водоёмов. В короткий период дождей личинка оживает. В одной работе было упоминание о том, что их удалось оживить после семнадцати лет пребывания в виде мумий*.

— Если посмотреть на способности ваших модельных организмов, чему бы вы хотели у них научиться?

— Их изменчивости. Организм хирономид можно рассматривать как швейцарский нож: на любые изменения условий среды обитания у них есть свой ответ, за счёт высокого уровня хромосомного полиморфизма. На данный момент мы нашли 186 сочетаний инверсионных вариантов хромосом среди двух тысяч личинок *Chironomus plumosus*. Мы изучили личинок из реки Волги, Рыбинского водохранилища, прудов, рек и многих других точек, и в каждом из этих водоёмов у личинок формируется свой уникальный набор хромосомных инверсий. У личинок из такого большого водоёма, как Рыбинское водохранилище, можно выделить общие для всех хромосомные варианты, и в то же время в отдалённых друг от друга точках мы уже можем найти уникальные сочетания, характерные только для этих точек. Получается, если нам передадут личинок, собранных из этого водохранилища, мы по их хромосомам сможем сказать, откуда конкретно их взяли.

— Вы говорили про эксперименты с солёностью. О чём речь?

— Мы помещали личинок в аквариумы с разной солёностью и смотрели на их выживаемость. Увидели, что личинки с определёнными сочетаниями хромосомных инверсий лучше переносят повышение солёности. (Кстати говоря, мы используем

личинок из Рыбинского водохранилища, у них уровень хромосомного полиморфизма очень высок.) Кроме этого, в адаптации к разным условиям им помогает гемоглобин, который и придаёт хирономидам красный цвет.

— Откуда у них гемоглобин? Они же не пьют нашу кровь.

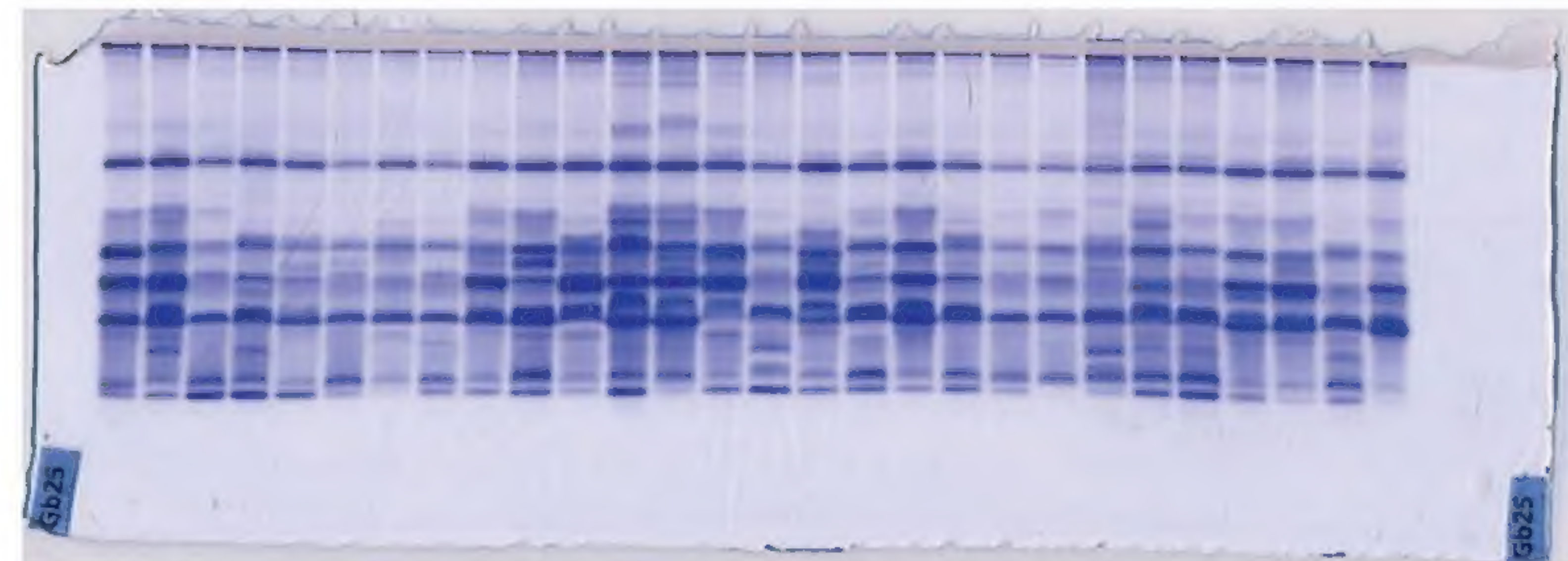
— Гемоглобин они производят сами. Основной метод изучения гемоглобинов и остальных белков гемолимфы — электрофорез. Упрощённо, электрофорез — это когда молекулы вещества, в нашем случае белка, перемещаются под действием электрического поля в поддерживающей среде из крахмала или полиакриламида. Такая среда состоит из большого количества ячеек, через которые протискиваются молекулы, и чем больше молекулы, тем меньше их скорость. Молекулы с одинаковым размером перемещаются вместе и выглядят как отдельная тонкая полоска. Если видов молекул много, то и полос мы увидим много.

Мы разделили гемоглобины из одной капли гемолимфы хирономид и увидели больше 20 отдельных фракций. Чтобы было проще понять, как это выглядит, представьте лестницу со ступеньками-перекладинами, и вот каждая такая перекаладина и есть фракция гемоглобина. И каждая фракция может выполнять свою функцию, в зависимости от размера и состава. Как видите, хирономиды и правда очень интересный объект во всём. Только его мало исследуют.

— Почему именно у ваших подопечных такой сложный гемоглобин?

— Возможно, это связано с их средой обитания. Фенотипов гемоглобинов в виде таких лесенок у обычных видов — где-то около восьми, как, например, для нашей лабораторной культуры *Chironomus riparius*. Наверное, стоит пояснить, что фенотип — это сочетание тех 20 фракций гемоглобина, о которых я сказал ранее. Дело в том, что не все фракции встречаются одновременно у одной личинки. Это 20 мест, где мы можем увидеть фракции-«ступеньки» на лестнице, некоторых там может и не быть. Тоже похоже на штрихкод, только гемоглобиновый.

Мы изучили гемоглобин 800 личинок нашего модельного вида *Chironomus plumosus* и нашли около 600 фенотипов, или штрихко-



При электрофорезе белки под действием электрического поля движутся в полиакриламидном геле, делясь на фракции. Лесенка фракций становится видна при специальном окрашивании. На фото — гель после электрофорезного разделения гемоглобинов гемолимфы *Chironomus plumosus* из Рыбинского водохранилища. Каждая вертикальная дорожка показывает набор фракций гемоглобинов личинки хирономид.

дов. Выходит, что почти каждая из личинок, которых мы изучили в электрофорезе, это практически индивидуальность. Личинки с одинаковыми фенотипами встречаются очень редко. Каждый раз, когда вы ловите рыбу на «мотыля», то лишаете мир, можно сказать, чего-то уникального.

Вот уже на протяжении десятка лет мы изучаем популяционную изменчивость гемоглобинов у хирономид из Рыбинского водохранилища. Здесь нам снова очень сильно повезло: наш институт организует регулярные экспедиции по Рыбинскому водохранилищу на хорошо оборудованном экспедиционном судне «Академик Топчиев». Мы посещаем одни и те же точки, проводим комплексное исследование. И мне несколько раз за сезон, ранней весной, летом и поздней осенью, с глубины 12—16 метров достаю дночерпателем ил, который я промываю через специальное сито и выбираю хирономид.

Комары беспрепятственно перемещаются между разными точками водохранилища, у них же есть крылья. Представляете, комары *Chironomus plumosus* роятся на высоте около 15 м, и внезапный порыв ветра может перенести их на сотни метров, а может и на несколько километров. Оказалось, что фенотипы гемоглобинов личинок, собранных из разных точек водохранилища, различаются.

— Как же так? Водоём один, а условия разные?

— Именно так и есть, водоём большой, и исследуемые точки относятся к разным речным системам. По электропроводности и по другим характеристикам в них определяется вода реки Волги, реки Шексны и реки Мологи. Представьте обратную ситуацию: нам принесут личинок из водохранилища и спросят, откуда они, из какой точки. Тогда мы проведём электрофорез гемоглобинов и с вероятностью 99% определим точку сбора и условия обитания этих личинок.

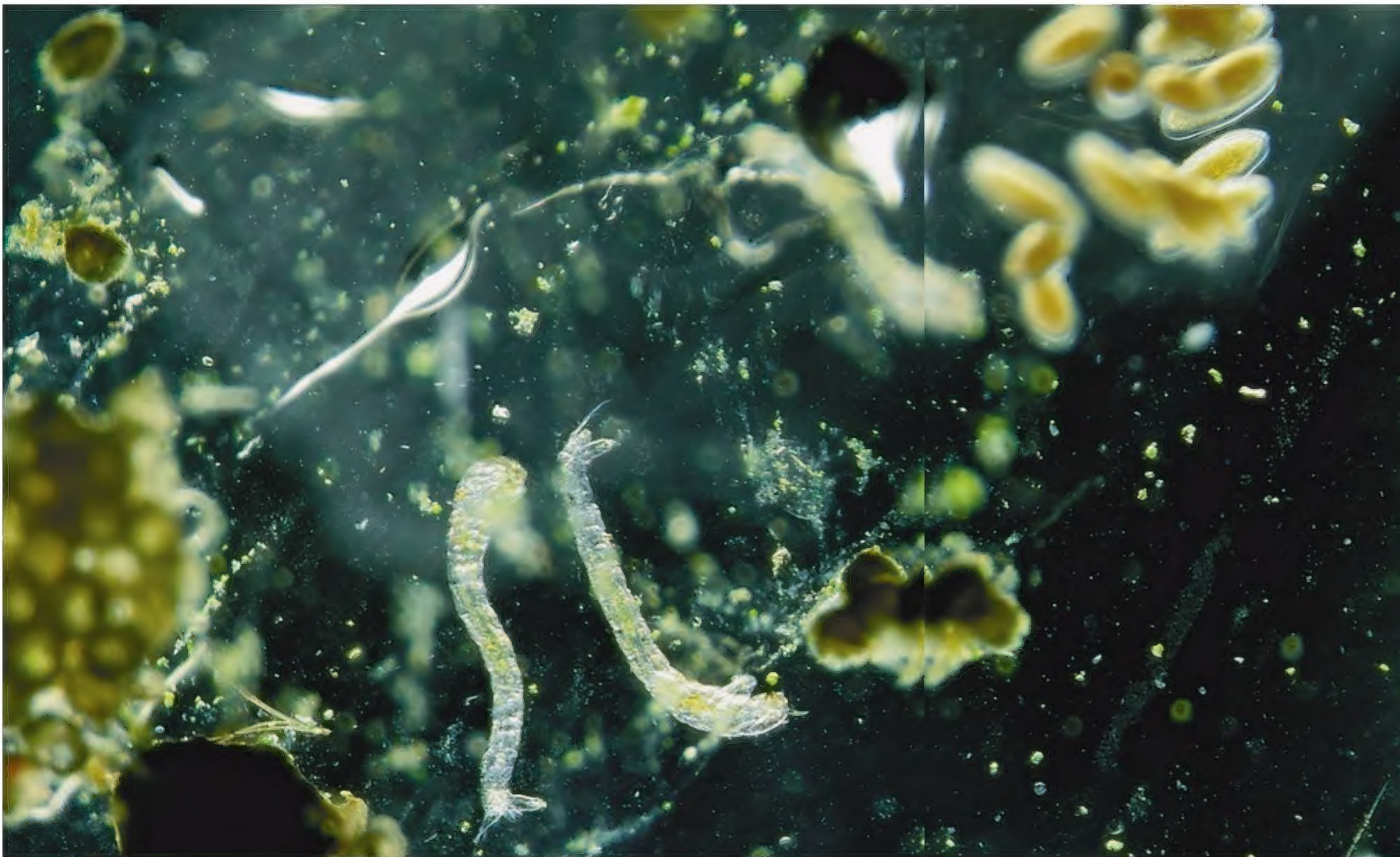
Получается, что личинки непрерывно адаптируются, приспосабливаются и очень точно настраивают свой гемоглобин, свою внутреннюю среду для текущих условий существования. Теперь мы можем использовать полученные знания для отслеживания изменений, которые происходят в водоёме со временем.

— А если перенести их в лабораторию?

— Это достаточно сложно осуществить. На дне водоёма они дома, там свои условия, привычная концентрация кислорода, минеральный состав воды и знакомая пища. А мы достаём их с глубины 16 метров, сразу возникает перепад давления. Спрятаться некуда, трубки-домика больше нет. Все условия изменились, а это сильный стресс для организма.

Мы выяснили, что фенотип гемоглобинов у таких личинок сразу начинает меняться, и уже через два дня невозможно определить, к какой точке они относятся. Можно сказать,

* О комарах, выдерживающих экстремальные условия, см. статьи: Т. Зими́на, А. Понятов. Комары нашли точку опоры в космосе. — «Наука и жизнь» № 5, 2014 г.; К. Стасевич. Комары, которые не боятся обезвоживания. — «Наука и жизнь» № 10, 2014 г. — Прим. ред.



Две личинки *Chironomus riparius*, питающиеся слизью старой кладки.

что начинает формироваться лабораторный фенотип. Именно поэтому мы отбираем гемоглобин в отдельные пронумерованные пробирки и замораживаем в морозильной камере непосредственно на судне. А личинок помещаем в специальный фиксатор. Каждую особь в отдельный «бокс» — в свою пронумерованную пробирку, где они хранятся до момента проведения электрофореза и хромосомного анализа. Только так мы можем быть уверены в точности полученных результатов.

— **Можно ли использовать эти гемоглобины в прикладных целях?**

— Конечно, можно. Личинки хирономид — это хорошо известный лабораторный объект, их уже давно используют в

токсикологических исследованиях. С их помощью можно исследовать влияние любого вещества на живые организмы и оценить его токсическое воздействие.

Например, на хирономидах уже испытывали влияние наночастиц, сейчас эта тема очень актуальна. Можно установить химический состав чего угодно, и мы сразу узнаем, чем загрязнён грунт. Но мы не узнаем, какое влияние будет оказываться на живые организмы.

— **Как поставить такой эксперимент?**

— Поставить эксперимент с участием хирономид достаточно просто. Для начала нам понадобится аквариум подходящего размера и сами личинки лабораторных культур хирономид. Теперь можно раство-

рить исследуемое вещество в воде, а если оно плохо растворяется, то перемешать его с грунтом или взять для анализа природный субстрат. Затем поместить личинок в подготовленный аквариум, в условия эксперимента. Результат будет известен уже через несколько недель. Обычно оценивают выживаемость личинок и тератогенное влияние — это возникновение уродств и другие морфологические изменения. Используют хорошо известные признаки, различимые в микроскоп: ротовой аппарат, антенны и разные щетинки. Например, сотрудники нашего института выяснили, что хлорид ртути приводит к деформации антенн, а органические загрязняющие вещества — к повреждениям ротового аппарата. Все экспериментальные методики уже разработаны и многократно

опробованы. Осталось лишь исследовать гемоглобин у экспериментальных личинок. На данный момент у нас есть предварительные результаты, и они обнадеживают. Когда у нас будут результаты серий таких экспериментов, тогда мы сможем использовать гемоглобины хирономид в качестве биологических маркеров.

— **Вы сказали о том, что личинки хирономид — это незаменимый источник белка. Можно ли их использовать для питания? Сейчас это очень модное направление — питание насекомыми.**

— Это в принципе возможно. Нужно только исключить заражение их паразитами. Надеюсь, у нас с ними нет общих паразитов. Мне часто попадаются личинки, внутри которых находятся нематоды, и они могут быть длиннее самого носителя в два раза. Нужно создавать чистые условия содержания, и тогда можно попробовать их на вкус. Этот вопрос скорее к тем, кто разрабатывает технологии для пищевой промышленности. Хотя у меня своё мнение на эту тему.

— **Вы не хотите, чтобы их ели?**

— Да, наверное, мне их немного жалко. Тем более, что, как я уже говорил, каждая личинка — индивидуальность. Это объект моего исследования, и мне трудно представить, как их можно есть. Наверное, их можно использовать в качестве белковой добавки в корм для животных.

— **Но ведь их можно специально выращивать в лабораторных условиях именно для питания?**

— Есть методика 1958 года, называется «Биология хирономид и их разведение». Но для начала нужно найти такие виды, содержание которых будет экономически оправдано. Ещё нужно следить за уровнем воды, количеством вносимой пищи. Контролировать все параметры среды, где содержатся личинки. Думаю, что содержать сверчков и мух несколько проще, им не нужен отдельный домик. Здесь же, если плотность посадки личинок окажется слишком высокой, они будут друг другу мешать и конфликтовать. Поэтому лучше мы будем их изучать.

Иллюстрации предоставлены Виктором Большаковым.

ДЕСЯТЬ ЗНАЧИМЫХ СОБЫТИЙ 2023

1 АНТИМАТЕРИЯ И ГРАВИТАЦИЯ

Физики, работающие на установке ALPHA-g в ЦЕРН, экспериментально доказали, что земная гравитация действует на антивещество вниз, как и на обычную материю. Результат ожидаемый, но требовавший проверки, поскольку существует предположение, что антиматерия подвержена антигравитации, то есть для неё гравитация приводит к отталкиванию, а не притяжению. Античастицы обладают той же массой, что и их обычные двойники, но противоположными знаками электрического заряда и других характеристик взаи-

модействий. Так что в самой идее о противоположном направлении гравитационного взаимодействия ничего странного нет. В частности, её иногда используют для объяснения самых больших загадок современной космологии — преобладания вещества над антивеществом во Вселенной и наблюдаемого её расширения с ускорением, для чего обычно предполагают существование гипотетической тёмной энергии.

Например, в 2012 году космологи из французского Национального центра научных

исследований (CNRS) выдвинули гипотезу, что Вселенная содержит равное количество материи и антиматерии, но под действием противоположных сил они разделяются. Вещество «слипается», образуя галактики, а антивещество, наоборот, вытесняется из них, распределяясь тонким слоем между галактиками и действуя как тёмная энергия.

Влияние гравитации на свойства античастиц физики уже изучали, но вот простое падение антивещества благодаря земному тяготению ранее им наблюдать не удавалось. Исследователи достаточно давно могут получать отдельные античастицы, объединять

ГОДА В ФИЗИКЕ И АСТРОНОМИИ

их в атомы и накапливать эти атомы в магнитных ловушках, но для проведения нужных измерений им не хватало чувствительности оборудования. Теперь же эту проблему решили в эксперименте ALPHA (Antihydrogen Laser Physics Apparatus, Аппарат для антиводородной лазерной физики), в котором

наблюдали за простейшими атомами антивещества — антиводородом.

В новом эксперименте «трубу» установки ALPHA разместили вертикально. В магнитной ловушке накопили атомы антиводорода, а затем позволили им свободно падать. Перемещение атомов антивещества отсле-

живали по аннигиляционным вспышкам на стенках установки. Несмотря на кажущуюся простоту описания, эксперимент очень сложный, потребовавший, в том числе, учёта большого числа факторов, например влияния магнитов — их действие создаёт силу, сопоставимую с гравитационной.

НА ПУТИ К 120-му ЭЛЕМЕНТУ

В октябре 2023 года на Фабрике сверхтяжёлых элементов в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ (г. Дубна, Россия) исследователи впервые успешно синтезировали сверхтяжёлый элемент с помощью снаряда-ядра тяжелее ^{48}Ca . В результате бомбардировки

ядрами хрома ^{54}Cr мишени из урана ^{238}U они получили ранее неизвестный изотоп ливермория ^{288}Lv (116-го элемента Периодической таблицы Менделеева) со

временем жизни чуть менее одной миллисекунды. Уникальный атом не был непосредственной целью эксперимента и стал приятной неожиданностью.



Источник: CERN

Установка детектора ALPHA-g в вертикальном положении.



Источник: ОИЯИ

Ускоритель ДЦ-280 Фабрики сверхтяжёлых элементов.

Задачей же эксперимента была подготовка к синтезу ещё неоткрытого 120-го элемента, который носит временное название унбиений (Ubn). Дело в том, что сверхтяжёлые элементы от 114-го — флеровия до 118-го — оганесона были синтезированы в реакциях с пучком ^{48}Ca , а самое тяжёлое вещество, которое можно наработать в количестве, достаточном, чтобы сделать мишень, — калифор-

ний. Слияние ядер кальция (20-й элемент) и калифорния (98-й элемент) как раз и образует 118-й элемент — последний из синтезированных на сегодняшний день. Чтобы получить сверхтяжёлые элементы с большим атомным номером, надо использовать ядра не кальция, а элементов с большим количеством протонов. Так, для получения 120-го элемента предлагается реакция хрома ^{54}Cr (24-й элемент)

с мишенью из кюрия (96-й элемент). Исследованием этого ядра-снаряда и занят ОИЯИ. Полученный результат позволяет надеяться на успешное использование ядра ^{54}Cr для синтеза 120-го элемента, приступить к которому ОИЯИ планирует в 2025 году. После этого, видимо, будет сделана попытка синтезировать также ещё не открытый 119-й элемент, бомбардируя америций (95-й элемент).

пользования традиционных методов необходимо достаточно большое количество атомов, не менее 10 000. Получить характеристики отдельного атома в веществе до сих пор не удавалось. Для решения этой задачи авторы работы сделали своеобразный гибрид рентгеновского спектроскопа и сканирующего туннельного микроскопа, назвав новый метод синхротронной рентгеновской сканирующей туннельной микроскопией (SX-STM).

Работа сканирующих туннельных микроскопов основана на том, что очень тонкий кончик зонда-иглы располагается крайне близко над исследуемой поверхностью и между ними создаётся большая разность потенциалов. Электроны с внешних оболочек атомов поверхности могут при этом «перепрыгнуть» на иглу благодаря туннельному эффек-

Рентгеновские лучи (X-rays) освещают атом железа (Fe) и возбуждают электроны, которые туннелируют к игле детектора (Tip).

ту, в результате возникает так называемый туннельный ток. Чем ближе игла к атомам поверхности, тем легче идёт туннелирование, тем больше становится перепрыгнувших электронов. При перемещении иглы туннельный ток через неё зависит от рельефа поверхности. Метод позволяет различить даже отдельные «бугорки»-атомы, но их характеристик не даёт.

Исследователи одновременно с туннельным сканированием облучали образец рентгеновским излучением,

которое проникало на нижние электронные оболочки, возбуждало близкие к ядру электроны и приводило к их туннелированию. В зависимости от состояния атома его электроны находятся на разных орбиталях, имеют разную энергию и соответственно поглощают фотоны разной длины волны. Регистрируя зависимость туннельного тока от частоты излучения, можно распознать не только сам атом, но и его химическое состояние — на каких орбиталях находились электроны. Для получения

характеристик, например атома железа, кончик иглы должен был находиться непосредственно над атомом на расстоянии около 0,5 нанометра.

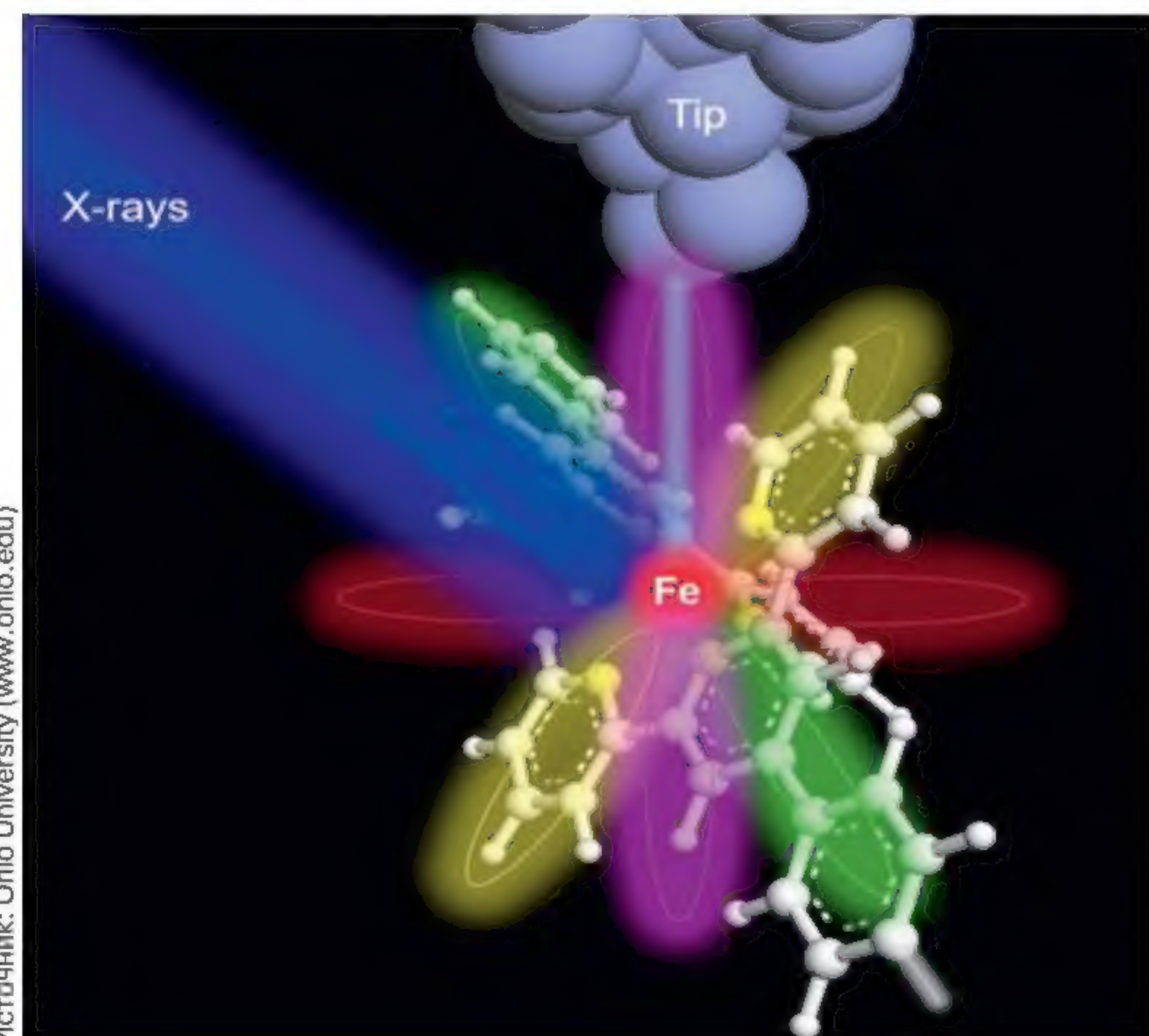
Вопреки тому, что писали многие СМИ, регистрируемый в эксперименте сигнал лучше называть не изображением или снимком атома, а его сигнатурой (в переводе с английского — «подпись»). Так принято называть характеристики, однозначно определяющие объект. Сейчас ещё часто говорят «отпечатки пальцев» (fingerprints).

3 РЕНТГЕНОВСКАЯ ПОДПИСЬ АТОМА

Команда физиков из нескольких американских лабораторий под руководством профессора Со Вай Хла (Saw Wai Hla, Университет Огайо) разработала метод, использующий синхротронное рентгеновское излучение для исследования отдельного атома в веществе. В качестве объекта изучения

были выбраны атомы железа и тербия.

Высокая проникающая способность рентгеновского излучения давно нашла широкое применение для исследования внутренней структуры объектов в науке, медицине, материаловедении и даже при досмотре в аэропортах. Однако для ис-



Источник: Ohio University (www.ohio.edu)

4 СТЕРИЛЬНЫХ НЕЙТРИНО НЕТ?

Отрицательный результат — тоже важный для науки результат. В самом начале 2023 года в журнале «Nature» физики из коллаборации STEREO сообщили об отрицательном результате поиска стерильных нейтрино с массой порядка одного электронвольта в реакторном эксперименте, проходившем с октября 2017 по ноябрь 2020 года в Институте Лауэ—Ланжевена в Гренобле (Франция). Особенность детектора STEREO — наличие шести секций, что позволяет надёжно проверять осцилляции нейтрино при их удалении от реактора, и высокая защита от шумов, которые способны испортить сигнал. Исследователи также объяснили причину реакторной антинейтрин-

Вид сверху на ячейки детектора STEREO со всеми установленными фотоумножителями и связанной с ними электроникой (красные диски).

ной аномалии недооценкой вклада низкоэнергетических бета-переходов в ядрах атомов.

Практически одновременно в журнале «Physical Review Letters» об отсутствии таких стерильных нейтрино сообщили и физики из коллаборации MicroBooNE в Национальной исследовательской лаборатории имени Энрико Ферми (Фермилаб, США),

которые провели повторный анализ своих данных.

Напомним, что ядерные реакторы — интенсивные источники антинейтрино с известным ароматом, определяемым протекаемой реакцией, что даёт возможность точнее изучать их свойства. Именно реакторные антинейтрино стали первыми обнаруженными в 1956 году частицами этого



Источник: Institut Laue-Langevin (www.ill.eu)

семейства. Со временем физики открыли три типа нейтрино, а для объяснения экспериментов предложили теорию нейтринных осцилляций, описывающую их превращение друг в друга. Однако, начиная с 1995 года, в нескольких независимых экспериментах было обнаружено отклонение измеренной интенсивности потока антинейтрино от предсказаний теории, что

получило название реакторной антинейтринной аномалии. Её легко объяснить тем, что по пути к детектору антинейтрино осциллируют в нейтрино четвёртого типа с массой порядка одного электронвольта, которые не участвуют в слабом взаимодействии, за что и получили название стерильных.

Поскольку эти частицы могли играть важную роль в решении важных вопросов

физики и космологии, в мире было запущено несколько программ по поиску стерильных нейтрино. Об их поиске в нашей стране (эксперименте BEST в Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований РАН) можно прочесть в статье «Охота за стерильным нейтрино» («Наука и жизнь» № 9, 2019 г., стр. 2). Подождём, что скажут российские специалисты.

5 ЭНЕРГИЯ ИЗ КОСМОСА

1 июня 2023 года Калифорнийский технологический институт (Калтех, США) сообщил о первой успешной передаче солнечной энергии из космоса в приёмник на Земле с помощью прибора MAPLE, размещённого на космическом корабле SSPD-1, запущенном на орбиту в январе. И MAPLE, и SSPD-1 были разработаны в Калтехе.

MAPLE (Microwave Array for Power-transfer Low-orbit Experiment — микроволновая решётка для низкоорбитального эксперимента по передаче энергии) состоит из массива гибких лёгких передатчи-

ков микроволновой энергии, управляемых специальными электронными чипами, созданными с использованием недорогих кремниевых технологий. Благодаря управлению когерентным сложением (интерференцией) электромагнитных волн MAPLE способен смещать фокус и направление излучаемой энергии — без каких-либо движущихся частей, передавая большую часть энергии в нужное место на Земле.

Проблема запасов энергии на Земле — одна из важнейших, поскольку ископаемое топливо может

закончиться в обозримом будущем. Цель начатого в 2011 году проекта SSPP (Space Solar Power Project) — сбор солнечной энергии в космосе и передача её на поверхность Земли. Солнечная энергия имеет практически неограниченные запасы, а в космическом пространстве она доступна постоянно, вне зависимости от циклов дня и ночи, времени года и облачности, что потенциально даёт в восемь раз больше энергии, чем солнечные панели в самом лучшем месте на поверхности Земли.

SSPD, помимо MAPLE, проводит ещё два основных эксперимента, результаты которых ожидаются в ближайшие месяцы.

6 «УЭББ» ВПЕРВЫЕ ОБНАРУЖИЛ ВАЖНУЮ УГЛЕРОДНУЮ МОЛЕКУЛУ

Космический телескоп «Джеймс Уэбб» (NASA) впервые обнаружил в космосе органическую молекулу метил-катиона (CH_3^+). Произошло это в молодой

звёздной системе с протопланетным диском, известной как d203—506. Она расположена примерно в 1350 световых годах от нас в туманности Ориона, бли-

жайшей к Земле крупной области звездообразования.

Эта молекула может оказаться важнейшим компонентом жизни, поскольку, как предположили 40 лет назад, способна запускать химические реакции, в результате которых образуются более сложные органиче-



На снимках, полученных «Уэббом», слева показана часть туманности Ориона, вверху справа — положение молодой звёздной системы d203—506 с протопланетным диском, внизу — изображение этой звёздной системы.

ские молекулы. Соединения углерода составляют основу всей известной нам жизни и поэтому особенно интересны для учёных, работающих над пониманием того, как жизнь возникла на Земле и как она потенциально может

развиваться в других частях нашей Вселенной.

Удивительным оказалось то, что система d203—506 облучается интенсивным ультрафиолетовым излучением от близлежащих горячих молодых звёзд, ко-

торое, казалось бы, должно было разрушить органические молекулы. Однако этого не произошло. Возможно, наоборот, УФ-излучение — необходимый источник энергии для образования CH_3^+ .

Международная команда астрономов из Европы, включая Россию, Индии, Австралии, Китая и Северной Америки обнаружила убедительные доказательства существования фона сверхнизкочастотных гравитационных волн, проходящих на Землю изотропно со всех направлений. Эти выводы стали результатом более чем 25-летних наблюдений пульсаров с помощью

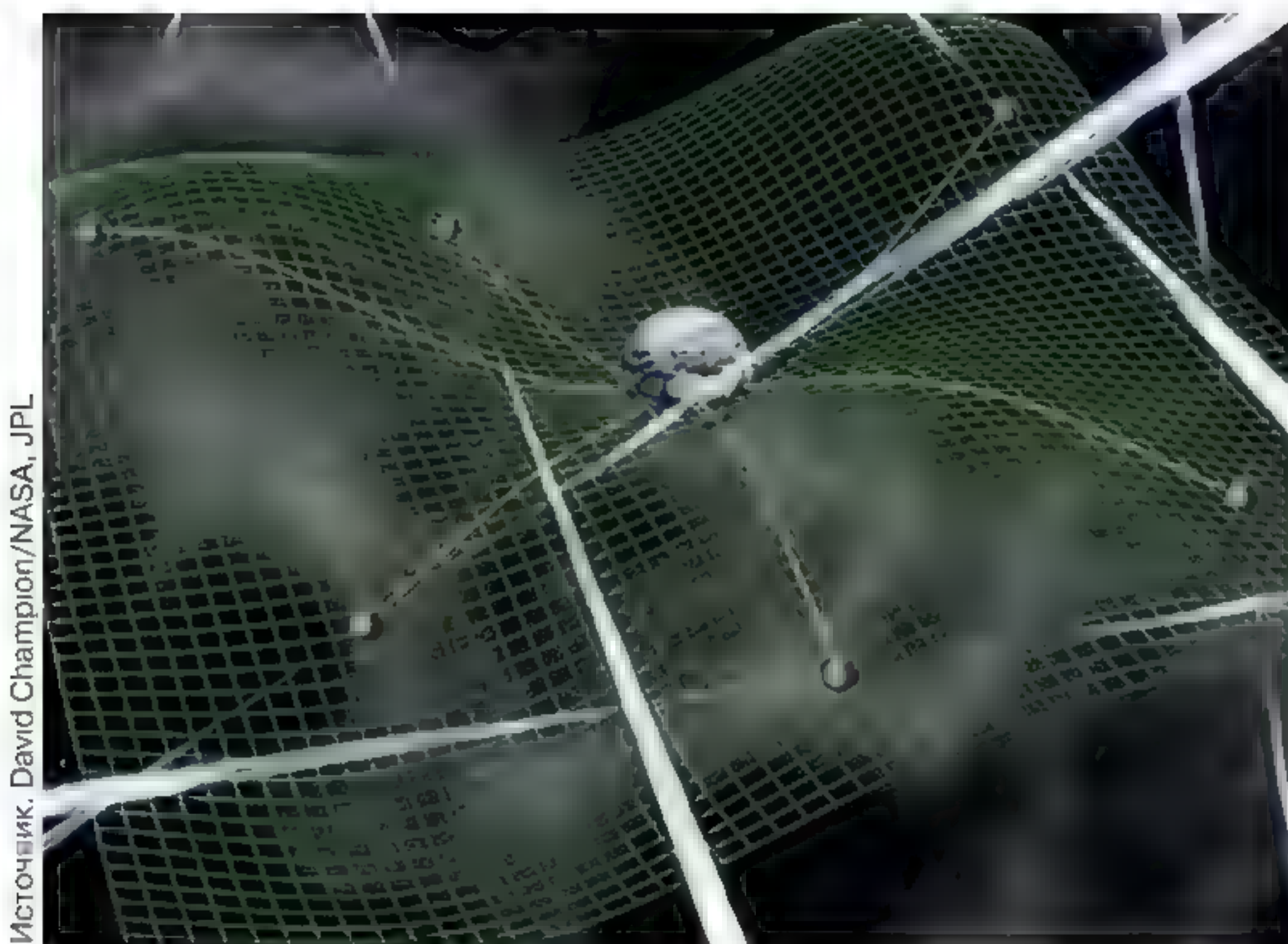
7 ПУЛЬСАРНЫЙ ТАЙМИНГ ОТКРЫВАЕТ ГРАВИТАЦИОННЫЙ ШУМ ВСЕЛЕННОЙ

самых чувствительных радиотелескопов на разных континентах.

Идея регистрации гравитационных волн с помощью радиопульсаров (метод «пульсарного тайминга») была предложена в 1978 году молодым тогда сотрудником ГАИШ МГУ Михаилом

Васильевичем Сажиным, ушедшим из жизни 11 апреля 2023 года, и независимо — годом позже — американским астрофизиком Стивом Детвейлером.

Пульсары — быстро вращающиеся нейтронные звёзды. Благодаря очень сильному магнитному полю



Источник: David Champion/NASA, JPL

они излучают радиоволны из окрестностей магнитных полюсов узким лучом подобно земным маякам. Когда этот луч пересекает Землю, на ней происходит приём импульса радиоизлучения. Из-за высокой плотности нейтронных звёзд их период вращения и, соответственно, наблюдаемый период следования радиоимпульсов чрезвычайно стабильны. Пульсары — это фантастически точные космологические часы, которые астрономы используют для экспериментов. В частности, по крошечным изменениям регулярности «тиков» часов

можно обнаруживать тонкое растяжение и сжатие пространства-времени, вызванное гравитационными волнами.

Исследователи использовали для чрезвычайно точных многолетних наблюдений двадцать пять специально выбранных миллисекундных радиопульсаров (Pulsar Timing Array — массив пульсарного тайминга), разбросанных по Млечному Пути. Они образуют огромный детектор размером с нашу Галактику, который даёт возможность исследовать гравитационные волны с длиной волны в несколько световых лет.

Гравитационные волны — это рябь в пространстве-времени, создаваемая ускоряющимися взаимодействующими сверхмассивными чёрными дырами.

Наблюдаемый гравитационно-волновой фон, вероятно, исходит от множества пар сверхмассивных чёрных дыр в центрах сливающихся галактик, очень медленно вращающихся вокруг друг друга. Этот сигнал очень интересен для астрофизиков, поскольку мы ещё мало знаем о двойных чёрных дырах с огромными массами — от миллионов до миллиардов масс Солнца, которые образуются при слиянии галактик.

Однако не исключено (и по мнению некоторых исследователей даже более правдоподобно), что обнаруженный гравитационно-волновой фон имеет космологическую природу и может быть следом каких-то физических процессов, происходивших в конце инфляционной стадии расширения Вселенной. Тогда этот фон будет гравитационным аналогом реликтового излучения.

существование противоречит современным теориям формирования планет.

Планеты образуются в протопланетных дисках газа и пыли вокруг молодых звёзд, которые формируются из того же газопылевого облака. Поскольку материал облака распределяется между звездой и диском, их массы связаны. Коли-

чество материала в диске определяет, насколько большими могут вырасти планеты и одновременно какой большой может быть родительская звезда. Проведённое моделирование показало, что при данной

массе экзопланеты протопланетный диск должен быть в 10 раз массивнее, чем ожидается для такой маленькой звезды.

В диске, соответствующем небольшому красному карлику, возникновение

такой планеты невозможно ни в соответствии с теорией аккреции, ни благодаря гравитационной неустойчивости. Обнаружение подобной экзопланеты бросило вызов астрономам. Теперь им надо решить эту загадку.

ГРУНТ С АСТЕРОИДА — НА ЗЕМЛЕ

Капсула с образцами грунта астероида (101955) Бенну успешно доставлена на Землю 24 сентября 2023 года. Выбор данного астероида был обусловлен тем, что, с одной стороны, он достаточно близок к Земле, а с другой стороны, относится к классу углеродных астероидов, содержащих исходный строительный материал, из которого формировалась наша Солнечная система. Его возраст должен быть порядка 4,5 миллиарда лет.

Космический аппарат OSIRIS-REx был запущен 8 сентября 2016 года и прибыл к астероиду Бенну, находившемуся примерно в 120 млн километров от Земли, 3 декабря 2018 года. Зонд вышел на самую близкую орбиту около космического тела, на расстоянии всего 1,6 километра от поверхности. Размер самого астероида составляет около полукилометра в поперечнике. Забор грунта состоялся 20 октября 2020 года без посадки на астероид в момент касания поверхности с помощью длинного манипулятора с рукавом. 10 мая 2021 года

Манипулятор OSIRIS-REx забирает грунт с астероида Бенну.

зонд начал возвращение домой. 24 сентября 2023 года, пролетая мимо Земли, зонд с высоты примерно 102 тысячи километров сбросил капсулу с грунтом, которая затем приземлилась с помощью парашютной системы в пустыню штата Юта (США). По оценкам учёных, в капсуле около 250 граммов вещества. До этого единственной страной, которая доставила на

Землю образцы грунта с астероида, была Япония. Её космический аппарат «Хаябуса-2» в 2019 году собрал около чайной ложки вещества с астероида (162173) Рюгу.

А зонд OSIRIS-REx, закончив миссию, получил новое название OSIRIS-APEX и продолжил полёт к новой цели — астероиду Апофис, встреча с которым намечена на 2029 год.



Источник: NASA/Goddard/University of Arizona

ЗАГАДКА ЭКЗОПЛАНЕТЫ

Астрономы по колебаниям лучевой скорости обнаружили около красного карлика LHS 3154, масса которого в девять раз меньше, чем у Солнца, экзопланету массой не менее 13,2 массы Земли,

что почти равно массе Нептуна ($17,1 M_{\oplus}$). Её орбитальный период всего 3,7 суток, следовательно, она расположена очень близко к звезде. Такая планета слишком велика для столь маленькой звезды. Её су-



Источник: Osaka Metropolitan University/L-INSIGHT, Kyoto University/Руинопика Talkshige

Атмосферный ливень вторичных частиц, порождённый энергичной частицей космических лучей, падает на Telescope Array (массив телескопов).

10 РЕКОРДСМЕНКА ИЗ ПУСТОТЫ

В ноябре 2023 года обсерватория Telescope Array (США) зарегистрировала редкую частицу космических лучей с чрезвычайно высокой энергией, свыше 240 эксаэлектронвольт (ЭэВ). Это в миллионы раз больше, чем у частиц, созданных в Большом адронном коллайдере, самом мощном земном ускорителе. Данная частица — вторая по величине энергии за всю историю наблюдений и уступает только обнаруженной в 1991 году частице с энергией 320 ЭэВ, получившей название Oh-My-God (О, боже мой). Новой частице тоже присвоено личное имя Амаэрасу в честь богини Солнца в японской мифологии.

Столь энергичные частицы могут быть порождены

только очень мощными космическими событиями. Даже мощнейшего взрыва сверхновой для этого недостаточно. Для их ускорения необходимы чрезвычайно сильные магнитные поля. Потенциальным кандидатом в источники Амаэрасу могла бы стать сверхмассивная чёрная дыра в центре другой галактики. Процессы в непосредственной близости от этих огромных объектов с чудовищной гравитацией приводят к разлёту протонов, электронов и ядер почти со скоростью света.

Частицы со столь большой энергией способны пройти огромные расстояния, не сильно отклоняясь галактическими и внегалактическими магнитными

полями от прямолинейного движения. Поэтому после регистрации можно проследить их путь и попытаться найти источник.

Вот тут и возникает загадка Амаэрасу. Её траектория начинается в Местном Войде — огромной области космической пустоты, расположенной вблизи Местной группы галактик, куда входит Млечный Путь. Но там поблизости нет ничего, что могло бы породить такую частицу. Аналогично дело обстоит и с частицей Oh-My-God, тоже не имеющей видимого источника. Физики предполагают, что это может указывать на испытанное частицами где-то по пути гораздо большее магнитное отклонение, чем предполагалось, на неопознанный источник в Местном Войде или на неполное понимание физики частиц высоких энергий.

Материал подготовил кандидат физико-математических наук Алексей ПОНЯТОВ.

НАУКА И ЖИЗНЬ СТО ЛЕТ НАЗАД

Эпидемия переименований городов

В настоящее время в различных вновь образовавшихся национальных государствах происходит массовое переименование городов, носивших до сих пор названия иноземного происхождения. Так, громадное количество городов и местечек переименовано в Турции, Ирландии и т. д. Между прочим, столица Ирландии Дублин в настоящее время называется Bail Atha Cliath, что произносится Бола-Авха-Клиа, а в просторечии Бла-Клиа.

«Природа», 1924 г.

Кое-что о химических названиях

Химические названия очень часто коверкаются и входят в обиход неверные выражения, ошибки правописания и другие ошибки. Так, в рекламах почти всегда, а в книгах, даже химических, очень часто алюминий называют аллюминием, хотя название этого металла происходит отнюдь не от французского глагола allumer — зажигать, а от латинского alumen — квасцы, в состав которых входит алюминий.

Наоборот, никкель часто пишут через одно к — «никель», причём коньки и самовары обычно бывают «некилированные». Я сам слышал, как мальчик на вопрос своего товарища «У тебя коньки — некилированные?» с гордостью ответил: «Нет, киленные».

Камень преткновения, не только для обывателей, но подчас и для химиков, составляет правописание названия «дистиллированная вода». Пишут и дистиллированная, и дистелированная, и дестиллированная и даже десцилированная. Но мало кто знает, что корень этого причастия — латинское слово stilla — капля, откуда происходит глагол distillare — стекать по каплям, и латинское название aqua distillata можно перевести «перекапанная вода» (ведь она обычно стекает из холодильника по каплям). Но не будет неверно и «дестиллированная», так как у глагола distillare есть параллельная форма destillare.

А. Метельцев.

«В мастерской природы», 1924 г.

Дома из камыша

Ещё в 1919 году возникло на Кубани Акционерное О-во «Камышит», которое начало изготавливать доски из камыша. Сейчас проектируются два дома из камышита — один в 15 квартир на главной улице Краснодара, другой в 10 квартир. Как строительный материал, камыши-

товые доски во многих отношениях превосходят дерево и кирпич.

«Строительная промышленность», 1924 г.

Из новостей науки и техники

♦ На заводах Электротреста приступлено к изготовлению небольших радиоприёмных станций для частного пользования. Они выполнены по типу зарубежных, с некоторыми изменениями применительно к нашим условиям. Стоимость станций, в зависимости от их величины и устройства, колеблется от 2 до 10 червонцев.

♦ Перепись, проведённая в Литве, установила, что среди населения имеются 56 человек, перешагнувших 100-летний возраст: 5 человек достигли 107 лет, 7 — 120 лет, 2 — 125 лет, 2 — 130 лет, 1 — 140 лет и 1 — 145 лет. Последний, некий Адам Виршилас, хорошо помнит нашествие Наполеона на Россию.

♦ Богатейшая библиотека и архив Ново-Афонского монастыря переданы в распоряжение Наркомпроса Абхазии.

«Человек и природа», 1924 г.



Перламутровые и серебристые облака очень красивы. Эти два явления имеют разную природу, но и те и другие служат индикатором изменений, которые происходят с земной атмосферой.

Перламутровые облака образуются на высоте около 20 км над поверхностью Земли — в стратосфере, поэтому их ещё называют полярными стратосферными облаками. Серебристые облака располагаются гораздо выше, в мезосфере, на высоте около 80 км над землёй. Соответственно, их иногда называют полярными мезосферными, а также «ночными светящимися» облаками, поскольку из-за большой высоты их освещает Солнце даже после захода за горизонт.

В последние годы и серебристые, и перламутровые облака стали наблюдать чаще, а их высота снизилась. Вероятное объяснение — похолодание верхней атмосферы из-за парникового эффекта, как бы странно это ни звучало. Парниковые газы не дают теплу покидать нижнюю атмосферу и тем самым не дают нагреваться верхней. Поэтому изучение серебристых и перламутровых облаков важно для понимания парникового эффекта.

Перламутровые облака состоят из частиц насыщенных растворов серной и азотной кислоты, которые конденсируются из паров при температуре около -80°C . В их состав мо-

гут также входить фтор- и хлорсодержащие вещества, попадающие в стратосферу из более низких слоёв. Размеры частиц — обычно сотни нанометров, иногда больше микрометра. При температуре ниже -88°C образуются более крупные (несколько микрон) частицы. Вообще говоря, такие холода в стратосфере бывают нечасто. В том числе потому, что здесь находится озон, который хорошо поглощает ультрафиолетовое излучение Солнца и тем самым нагревает стратосферу. Но иногда температура всё-таки опускается достаточно низко, и образуются облака с «вмороженными» в них соединениями галогенов, особенно хлора. Потом, при освещении Солнцем, они начинают активно разрушать озон. Чем меньше озона, тем меньше нагревается стратосфера и, соответственно, тем благоприятнее условия для появления перламутровых облаков, — возникает положительная обратная связь.

Серебристые облака состоят из частиц водяного пара, размеры которых в несколько раз меньше частиц перламутровых облаков — это десятки нанометров. Мезосфера, где они образуются, — самое холодное место на планете. В среднем, температура здесь около -120°C , но может сильно колебаться. Когда она опускается до определённого предела (около -130°C), водяной

пар начинает замерзать, превращаясь в лёд.

Высоту образования серебристых и перламутровых облаков, размеры и состав частиц измеряют с помощью лидаров, аэростатных зондов и спутников, но всё это требует специального оборудования. Кандидат физико-математических наук Олег Угольников, старший научный сотрудник сектора субмиллиметровой и инфракрасной астрономии ИКИ РАН, предложил изучать высотные облака с помощью цветных оптических снимков, которые можно получать, вооружившись вполне доступными широкоугольными RGB-фотоаппаратами*, а также, в случае перламутровых облаков, — поляризационными камерами.

Параметры рассеяния света на частицах, в том числе интенсивность на разных длинах волн, зависят от размеров частиц. Значит, можно решить и обратную задачу — восстановить размеры частиц по параметрам рассеяния. В этом и состоит основа нового метода обработки снимков. Если частицы достаточно крупные (как в перламутровых облаках), то зависимость цветовых характеристик от размера может быть не однознач-

* RGB-камера используется для получения цветных изображений людей и объектов путём улавливания света в красном, зелёном и синем диапазонах длин волн. Такая камера использует видимый свет с длиной волны от 400 до 700 нм.



RGB-фотографии ночного неба и серебристых облаков, полученные 29 июня 2021 года. Цветом обозначены линии равного углового расстояния от Солнца (жёлтые) и равного угла рассеяния (белые).

Фото из статьи: Ugoльников О. S. Altitude and particle size measurements of noctilucent clouds by RGB photometry radiative transfer and correlation analysis. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, volume 296, 2023, 108433.

ной, и тогда необходима дополнительная информация о поляризации рассеянного света.

Метод включает также выделение полезного сигнала от облаков из фонового изображения неба, координатную привязку поля зрения по звёздам и определение, при необходимости, высоты облаков. Высоту облаков можно вычислить по изменению спектрального состава их излучения (фактически, цвета), когда Солнце начинает скрываться за Землёй и освещает облака сначала сквозь озоновый слой, а потом через плотные приземные слои воздуха.

С помощью нового метода Олег Угольников совместно с коллегами из Полярного геофизического института РАН исследовал перламутровые облака, которые наблю-

дались зимой 2019—2020 годов на станции Ловозеро в Мурманской области. Тогда сложилась нечаянная для Арктики ситуация: температура воздуха у поверхности Земли была аномально высокой, а на высоте 20 км — аномально низкой. На основе снимков, сделанных оптическими и поляризационными камерами всего неба, средний радиус частиц в перламутровых облаках определили примерно в 230 нм.

В летние сезоны 2020—2022 годов с помощью данной методики исследовали наблюдавшиеся в те периоды серебристые облака. При этом использовали только цветные снимки облаков, полученные широкоугольной камерой. Средний радиус частиц оказался в диапазоне 50—100 нм, что хорошо согласуется с результатами,

полученными с помощью лидаров.

Олег Угольников подчёркивает, что метод достаточно прост, чтобы стать основой для регулярных и сетевых наблюдений за облаками, и его точность сравнима с точностью лидарных и спутниковых измерений. Систематические же исследования серебристых и перламутровых облаков помогут понять, как на наших глазах меняется климат Земли.

Результаты работы опубликованы в серии статей в журналах «Planetary and Space Science», «Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer», «Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics».

Ольга ЗАКУТНЯЯ,
Институт космических исследований РАН.

Фото: Jim Bendon/Wikimedia Commons/CC BY-SA 2.0



СИГНАЛЫ ПОПУГАЕВ

Австралийские зоологи, наблюдая в одном из национальных парков Квинсленда за жизнью чёрных какаду *Probosciger aterrimus*, заметили, что самцы этого вида отламывают от деревьев сухие веточки и сучки, чтобы использовать их в качестве «барабанных палочек». Ритмично колотя по стволам, они привлекают самок. Каждая птица обрабатывает отломанную ветку по-своему: одни предпочитают инструмент подлиннее, другие — покороче. И ритм «музыки» у всех индивидуален. Судя по такому разнообразию повадок, попугаи не склонны копировать поведение соседей, а используют навыки, полученные от отца в детстве. Как инстру-

мент в брачном поведении используется и клюв, с его помощью выдалбливается дупло для гнезда в сухом стволе, где будет выкармливаться потомство (см. фото).

ДЕРЕВЬЯМ СЛИШКОМ ЖАРКО

К такому выводу пришла группа экологов из США, Великобритании, Австралии, Бразилии, Пуэрто-Рико и Панамы. Учёные рассмотрели спутниковые данные о температуре крон тропических лесов за несколько лет и присоединили к ним измерения, проведённые на месте с помощью как обычных термометров, так и термопар, укрепленных на листьях деревьев. Механизмы фотосинтеза у деревьев начи-

нают отключаться примерно при температуре 46,7°C. Пока только 0,01% листьев тропических растений хотя бы раз за год нагреваются до такого значения. Но если глобальное потепление продолжится в том же темпе, эта доля вырастет до 1,4%.

РАСТЕНИЯ КРИЧАТ О СТРЕССЕ

Как показали израильские биологи, растения томата и табака издают щёлкающие звуки, когда им не хватает воды или когда их стебли и листья надрезают. Человеческое ухо не воспринимает эти звуки, так как они находятся в ультразвуковом диапазоне, 20—250 килогерц (мы слышим частоты от 16 герц до 21 килогерца). Опыты сначала проводили в звуконепроницаемой камере в тихом подвальном помещении, затем — в довольно тихой оранжерее. Звуки, переведённые в слышимый для человека диапазон, напоминают щелчки от лопающихся пузырьков распространённой сейчас пластиковой пузырьковой упаковки. Громкость примерно как у разговора в тихом помещении, если микрофон стоит на расстоянии 2—3 м. Здоровые растения издают щелчок реже чем раз в час, повреждённые — от 15 до 50 раз в час. Растения, страдающие от нехватки воды, щёлкают дольше и чаще, но по мере засыхания замолкают.

Откуда происходят эти звуки? Исследователи предполагают, что мик-

рофон улавливает щелчки от лопающихся воздушных пузырьков, которые образуются в сосудах иссыхающего растения. На звучание проверен и ряд других растений — кукуруза, пшеница, гроздь винограда сорта каберне-совиньон, дикорастущая трава яснотка, кактусы (на фото). Все они тоже потрескивают при стрессе.

Открытие может иметь важные практические последствия. Например, если поливать грядку только после появления щелчков от растений, это сэкономит до 50% воды и увеличит урожай. Надо ещё выяснить, слышат ли эти звуки насекомые-вредители и как реагируют на них. Не исключено, что и здоровые растения воспринимают сигналы тревоги от повреждённых соседей и готовятся к обороне.

АВТОМОБИЛИ ДЛЯ ЛУНЫ

Завершился объявленный NASA конкурс на лучшие конструкции экипа-

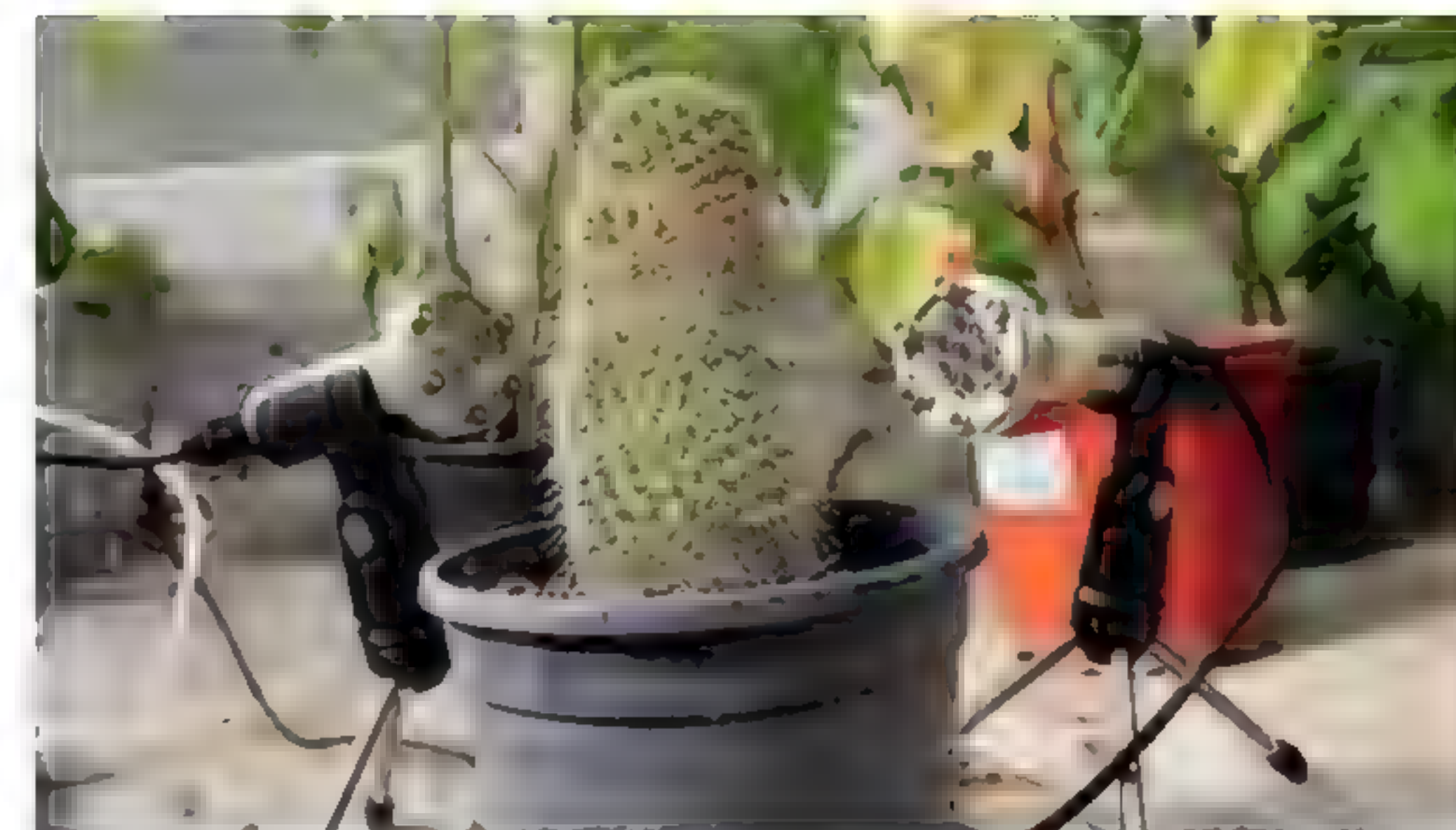


Фото: Lilach Hadany, Tel Aviv Univ

жей для передвижения астронавтов по Луне. Самым перспективным и наиболее близким к осуществлению признан проект, предложенный фирмой «Leidos» в содружестве с организаторами традиционных автогонок NASCAR. Автомобиль внешне похож на аккумуляторные лунные роверы американских экспедиций на Луну в 1970-х годах по программе «Аполлон», но двигаться будет на комбинации солнечной энергии и аккумуляторов. Скорость до 15 км/ч, радиус поездки не менее 20 км. Управлять устройством можно будет и по радио,

так как сначала посадят на Луну его, а затем высадутся астронавты, и Центр управления полётами с Земли подгонит экипаж к месту их прилунения. Заказчик — космическое агентство NASA — требует, чтобы для ровера были доступны практически любые типы лунной поверхности и чтобы он мог за год проехать без поломок сотни километров (что не всегда удаётся гарантировать и для земных автомобилей). Разработчики обещают выдать первый экземпляр к высадке на Луну, которая должна состояться ориентировочно в 2027—2028 годах.

Фото: NASA





ПИСЬМА ИЗ ДАЛЁКОГО ПРОШЛОГО

Более сотни неотправленных писем, написанных французскими моряками своим родственникам и друзьям во время Семилетней войны (1756—1763), найдены и прочитаны только сейчас. В своё время эти послания конфисковали на захваченных французских кораблях английские военные, но отправлять не стали, а передали в Адмиралтейство в Лондоне. Оттуда их перевели в Национальный архив, где их недавно нашёл французский историк Рено Морьё. Грамотность писавших весьма разнообразна, офицеры, как правило, были довольно образованными для того времени, но многие тексты написаны без знаков препинания, предложения переходят одно в другое, сливаются. 59% посланий, хранившихся моряками, написаны женщинами — матерями, сёстрами, жёнами или невестами. Грамотность женских писем, как правило, выше.

ЛЕТАЕТ НА НОГАХ

Молодые особи тропического насекомого богомола *Hymenopus coronatus* (см. фото) летают на своих ногах. Во взрослом состоянии они обладают двумя парами крыльев и летают не хуже бабочек, но крылья они приобретают только в зрелости, после множества линек, а как-то спасаться от хищников нужно. До сих пор энтомологи считали округлые расширения на конечностях богомола всего лишь средством маскировки, придающим сходство с цветком. Но китайские, австралийские и английские зоологи

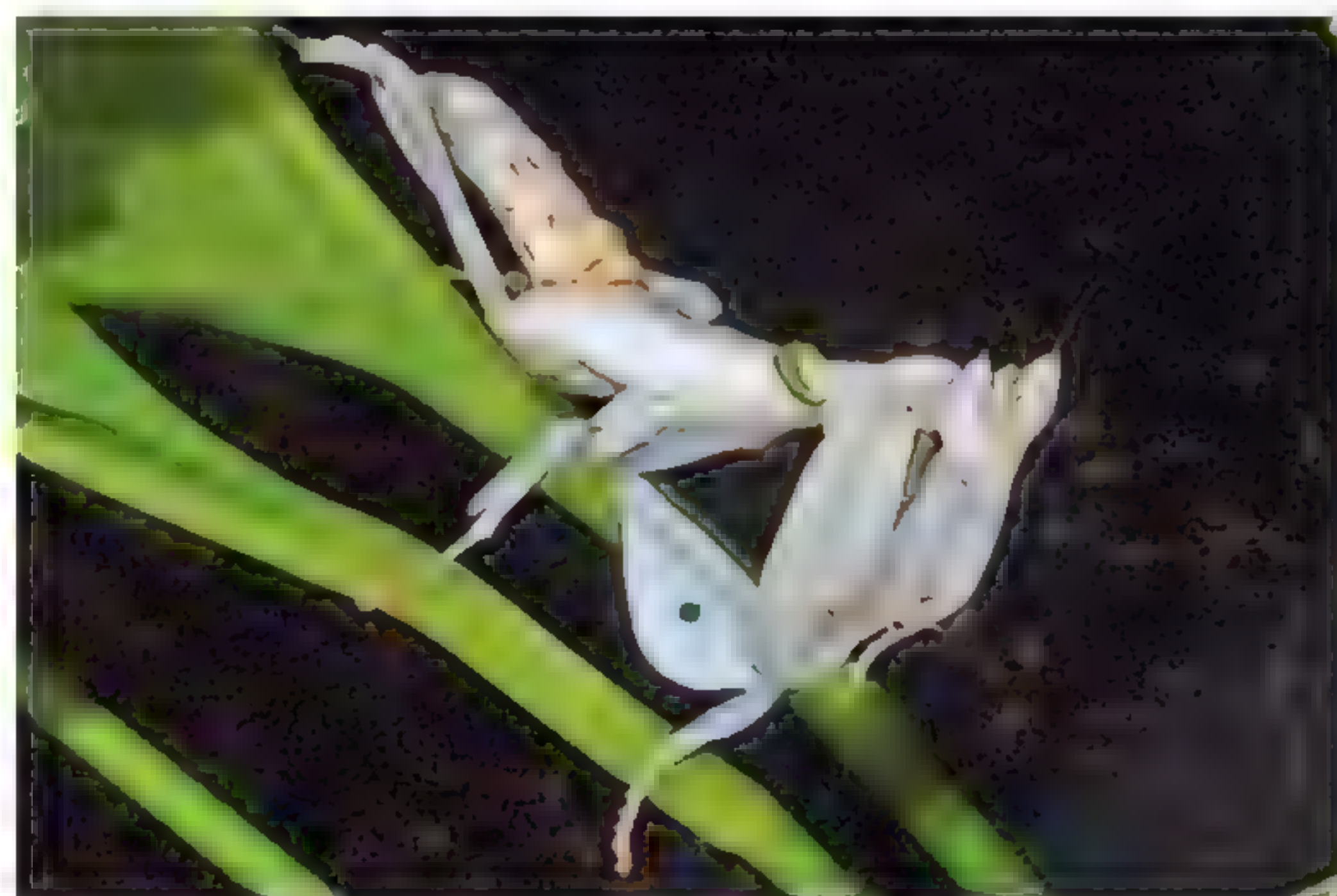


Фото: Hectonichus/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

показали, что брошенный в воздух бескрылый богомол может пролететь на своих ногах, расставив их, в среднем на 6 м, а иногда и до 14 м. Расстояние измеряли, бросая насекомых с вершины стрелы автокрана, поднятой на 10 м. А этот вид живёт и на более высоких деревьях.

РЕКУ ОХЛАДИЛИ

Лето 2023 года было особенно жарким почти повсюду. Во многих городах мира пришлось открыть специальные центры с усиленным кондиционированием воздуха, где могли прийти в себя и переждать пик жары хотя бы до наступления вечера пожилые и не очень здоровые люди. Прошлым летом подобную «услугу» организовали для лососей в одной из канадских рек, на некоторых отрезках которой температура воды временами достигала 30°C. Найдя недалеко от берега резервуар подземной воды с температурой 9°C, её направили по трубе в речную заводь, где еле выживали самые разные местные виды ихтиофауны, от круп-



ных лососёвых до голавлей длиной до 23 см и весом не более 400 г. Результат был убедительным, все эти виды ожили на глазах. Поток прохладной воды объёмом до 8 м³ в секунду, как показали измерения, распространился по течению на 60 м и более. Получив некоторый отдых, рыбы направились на самостоятельные поиски прохладных ответвлений и притоков. Такая передышка особенно важна для лососей, которые плохо переносят воду с температурой выше 22°C.

ЗАЧЕМ СЛЕТАЮТСЯ МЫШИ?

Раз в год небольшой лес в Замбии становится местом для общения десятков тысяч летучих мышей *Eidolon helvum*, слетающихся чуть ли не со всей Африки. В заповедник Касанка с октября начинают собираться, по оценкам немецких зоологов, до миллиона особей, хотя прикидки доходят и до 10

миллионов. Более точное значение дал искусственный интеллект, которому предъявили видеокдры длительностью 45 часов, снятые за пять дней ноября. Получилось 857 233 особи. Скопления летучих мышей рассеиваются только к середине января. Причина таких слётов остаётся неизвестной.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС БРОНЗОВОГО ВЕКА

Нам часто кажется, что экологические катастрофы происходят только в последние два века, когда развитие промышленности, энергетики, сельского хозяйства, рост народонасе-

ления стали сильно влиять на окружающую среду. Но крупные изменения образа жизни человечества случались и много раньше. Проведённое шведскими исследователями изучение пыльцы растений в геологических пластах Европы показало, что в период от 7000 до 2500 лет назад жители континента от охоты и сбора съедобных растений стали переходить к сельскому хозяйству. Они начали вырубать леса, чтобы освободить место для сельскохозяйственных культур. В результате площадь лесов в Европе уменьшилась на 10%, а средняя температура на севере континента выросла зимой на 1°C, летом — на 1,5°C.

В материалах рубрики использованы сообщения следующих изданий: «Current Biology», «European Journal of Preventive Cardiology», «Nature» и «The Economist», (Великобритания), «Bild der Wissenschaft», «Climate of the Past», «Der Spiegel», «Max Planck Forschung» (Германия), «Aviation Week and Space Technology», «Cell», «Hatch Magazine», «PNAS B», «Science», «Science News», «Time Magazine» (США), «Annales. Histoire, Sciences Sociales» (Франция).

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ ФИЗИКИ БЕЛКА

Член-корреспондент РАН Алексей ФИНКЕЛЬШТЕЙН

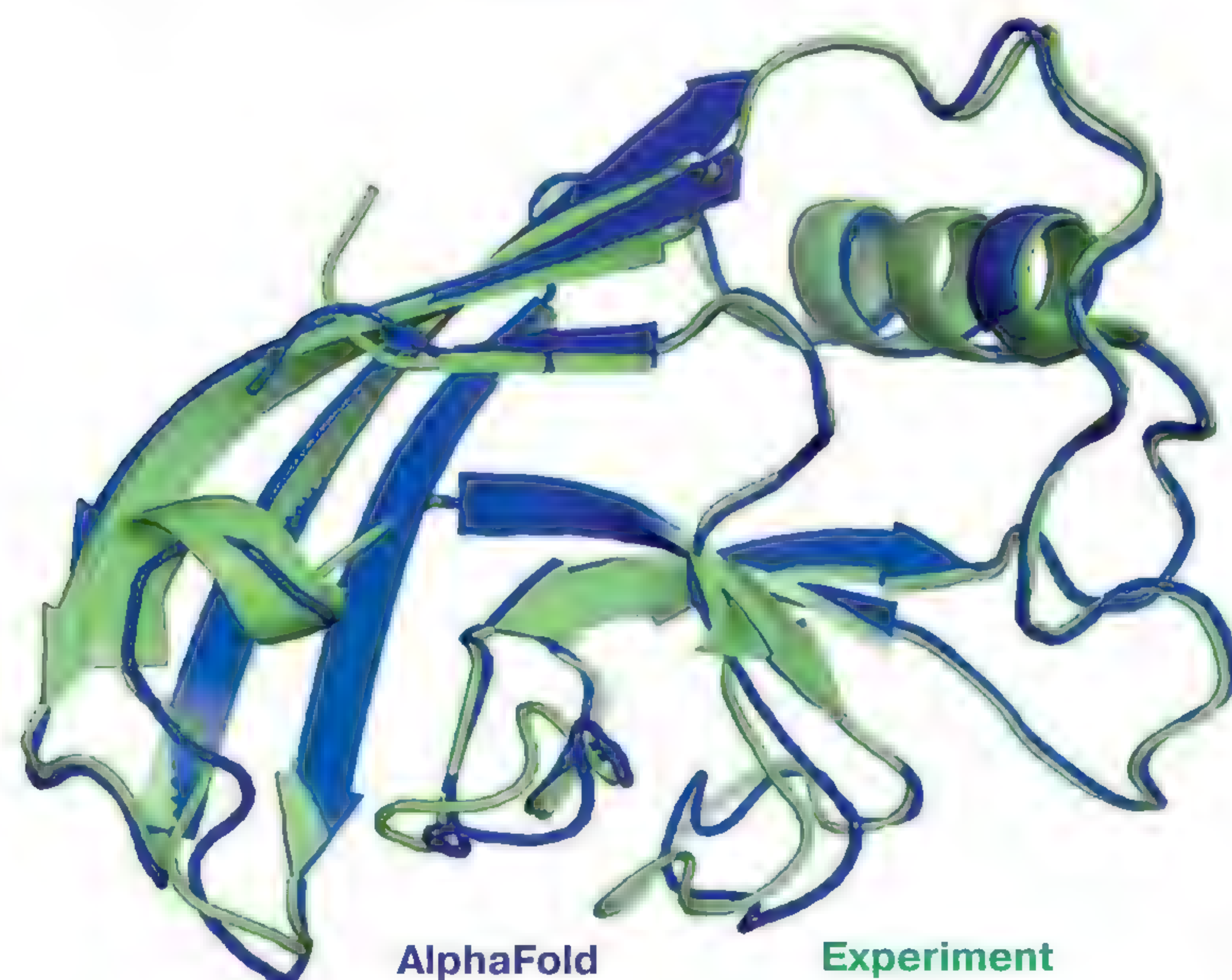
(Институт белка РАН, биологический факультет МГУ),

кандидат физико-математических наук Наталья БОГАТЫРЁВА (Институт белка РАН),

кандидат физико-математических наук Дмитрий ИВАНКОВ

(Центр молекулярной и клеточной биологии Сколковского института науки и технологий).

Не так давно мировая наука получила в своё распоряжение новую разновидность искусственного интеллекта — программу AlphaFold. Порой можно услышать, что эта программа заменяет собой целую область молекулярной биологии — ту, где занимаются пространственными структурами белков. AlphaFold действительно использует весьма и весьма успешный алгоритм в предсказании трёхмерных «портретов» белковых молекул. Однако прежде чем говорить о революционном успехе, нужно уточнить, что именно предсказывает искусственный интеллект этой программы, как он это делает и что он «знает».



Источник: Jumper J., Evans R., Pritzel A. et al. Nature 596, 583–589 (2021)/CC BY 4.0

Предсказанная AlphaFold 2 укладка главной цепи одного из белков, выбранных для соревнования CASP14 в 2020 году. Укладка белка была известна из эксперимента; результат AlphaFold 2 (синий цвет) очень точно (среднее различие координат атомов — чуть меньше ангстрема) совпал с экспериментальными данными (зелёный цвет).

В ЧЁМ СИЛА ПРОГРАММЫ AlphaFold

Белки — это и молекулярные машины, и строительные блоки, и оружие живой клетки. Белки образованы полипептидными цепями, обычно весьма длинными, включающими сотни аминокислотных остатков. Клетка синтезирует белки из двадцати основных аминокислот, последовательность которых в полипептидных цепях кодируется генами. Но ни один белок не существует в виде прямой «палки» из сшитых друг с другом аминокислот. Аминокислотные остатки полипептидной цепи неизбежно взаимодействуют между собой. Физико-химические взаимодействия определяют геометрию связей между атомами, их сближение и отталкивание, их отношения с окружающей средой — водой, ионами, другими молекулами. Полипептидная цепь многократно изгибается, накладывается сама на себя — будучи изначально неупорядоченной, она приобретает определённую, трёхмерную структуру. Происходит то, что называется самоорганизацией, или сворачиванием белка. Именно в свёрнутом виде белок, можно сказать, становится самим собой. Биологические функции белков тесно связаны с тем, как выглядят их трёхмерные (3D) структуры.

Многие тысячи таких пространственных структур уже определены экспериментально — с помощью рентгеноструктурного анализа, ядерного магнитного резонанса и криоэлектронной микроскопии. Эти трёхмерные «портреты» белков хранятся — в виде огромных наборов 3D-координат всех атомов белка — в компьютерном банке белковых данных PDB (Protein Data Bank) и других подобных банках. Однако рентгеноструктурный анализ, ядерный магнитный резонанс и криоэлектронная микроскопия весьма трудоёмки. Поэтому миллиарды белков из самых разных организмов, от вирусов и бактерий до позвоночных, до сих пор остаются с неизвестными пространственными структурами. А их полезно знать — в частности (но не только), для создания новых лекарств.

В то же время для сотен миллионов белков уже известны аминокислотные последова-

тельности их полипептидных цепей, определять которые много легче. Но их пространственная структура остаётся тайной.

Поэтому большой интерес вызывают методы предсказания белковых 3D-структур по аминокислотным последовательностям. Как уже было сказано, сворачивание белка происходит благодаря взаимодействию аминокислотных остатков друг с другом, а также и с кофакторами (гемами или другими макромолекулами), и с окружающей средой. Необходимо подчеркнуть, что пространственная структура — результат самоорганизации, то есть структуры белковых цепей определяются самими аминокислотными последовательностями этих цепей (по крайней мере, если речь о глобулярных белках). Напрашивается вывод, что по аминокислотным последовательностям можно предсказать, в какую 3D-форму свернётся полипептидная цепь. Здесь, однако, нужно уточнить, что сворачивание (самоорганизацию) белка можно понимать двояко — как процесс и как результат.

У «средней» белковой цепи есть огромное количество вариантов пространственной структуры, порядка 10^{100} . Перебор всех 10^{100} альтернатив потребовал бы миллиардов миллиардов лет. Между тем белок сворачивается в одну и ту же уникальную, свойственную ему трёхмерную структуру всего за несколько секунд или минут¹. Решая проблему сворачивания в смысле процесса (то, что порой называют «проблемой сворачивания белка первого рода»), мы отвечаем на вопрос, как может белковая цепь чрезвычайно быстро выбрать свою структуру из гигантского набора возможных вариантов.

Если же мы решаем проблему сворачивания в смысле результата (так называемая проблема сворачивания белка второго рода), то отвечаем на вопрос, какую именно структуру приобретёт белковая цепь с конкретной аминокислотной последовательностью.

¹ Почти мгновенный выбор единственной нужной структуры из колоссального количества возможных называется парадоксом Левинтала, по имени молекулярного биолога Сайруса Левинтала, который сформулировал его в 1968 году. На решение этого парадокса потребовалось почти 30 лет.

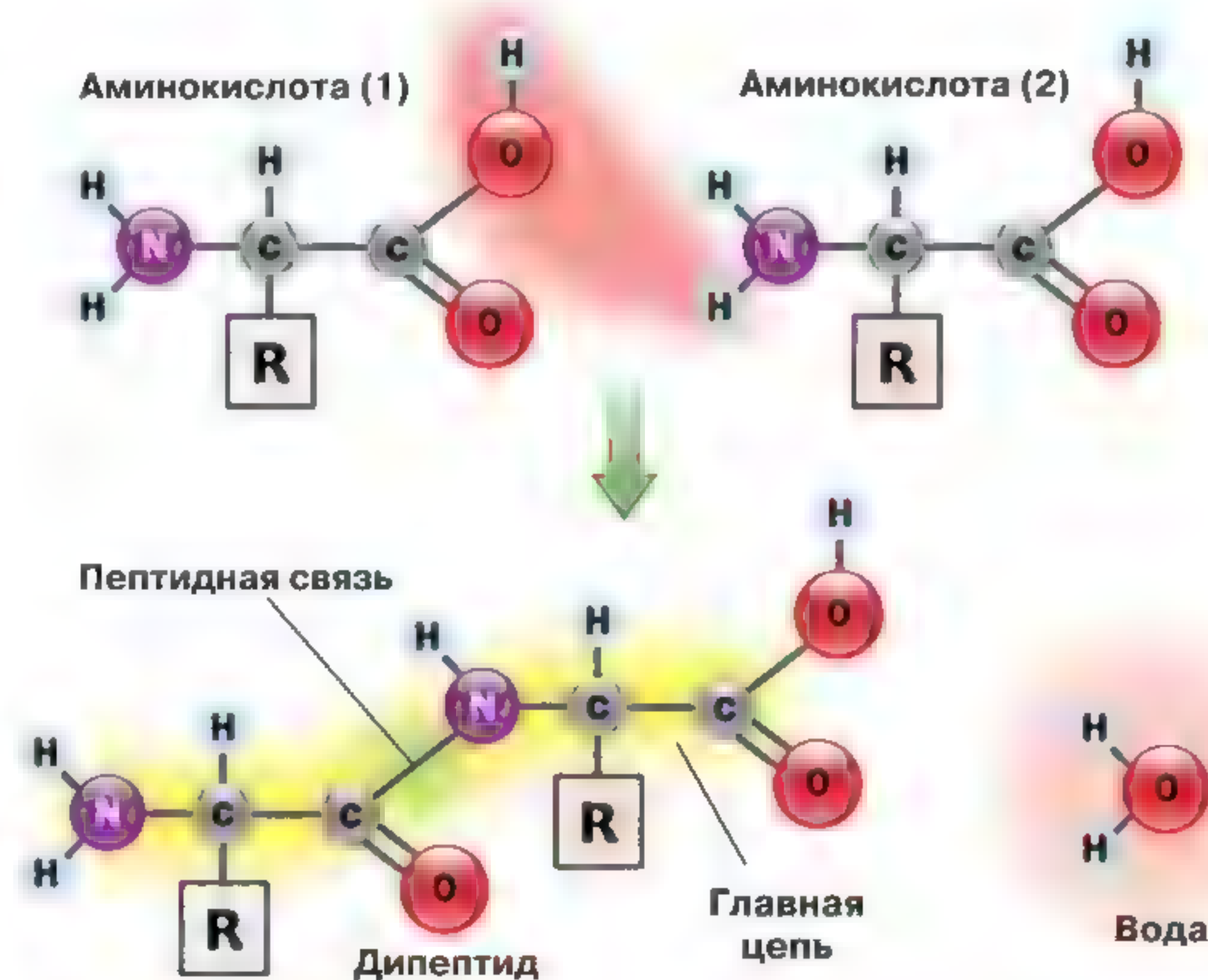
АМИНОКИСЛОТЫ, ПЕПТИДЫ, БЕЛКИ

Полипептидная цепь — это последовательность аминокислот (или, точнее, аминокислотных остатков), соединённых в том порядке, в каком это записано в гене конкретного белка (глобина, инсулина, пищеварительного фермента пепсина и т. д.). Последовательность аминокислот называется первичной структурой белка. Взаимодействуя между собой, аминокислотные остатки полипептидной цепи образуют элементы вторичной структуры, которые потом объединяются в третичную структуру. Не вдаваясь в подробности, можно сказать, что элементы вторичной структуры охватывают более или менее протяжённые участки последовательности внутри полипептидной цепи, тогда как третичная структура ох-

ватывает всю полипептидную цепь. Однако в крупных белках нередко бывает так, что отдельные их части приобретают третичную структуру независимо друг от друга. В таком случае мы имеем дело с доменами белка, где каждый домен — независимый, компактный и стабильный элемент «большой» третичной структуры. Домены можно сравнить с крупными комками, сделанными из одной и той же нити. В многодоменных белках функции всей молекулы в целом зависят от взаимодействия доменов между собой. (Некоторые белки, например, гемоглобин, образуются при соединении нескольких отдельных белков, или белковых субъединиц, — в таких случаях говорят уже о четвертичной структуре.)

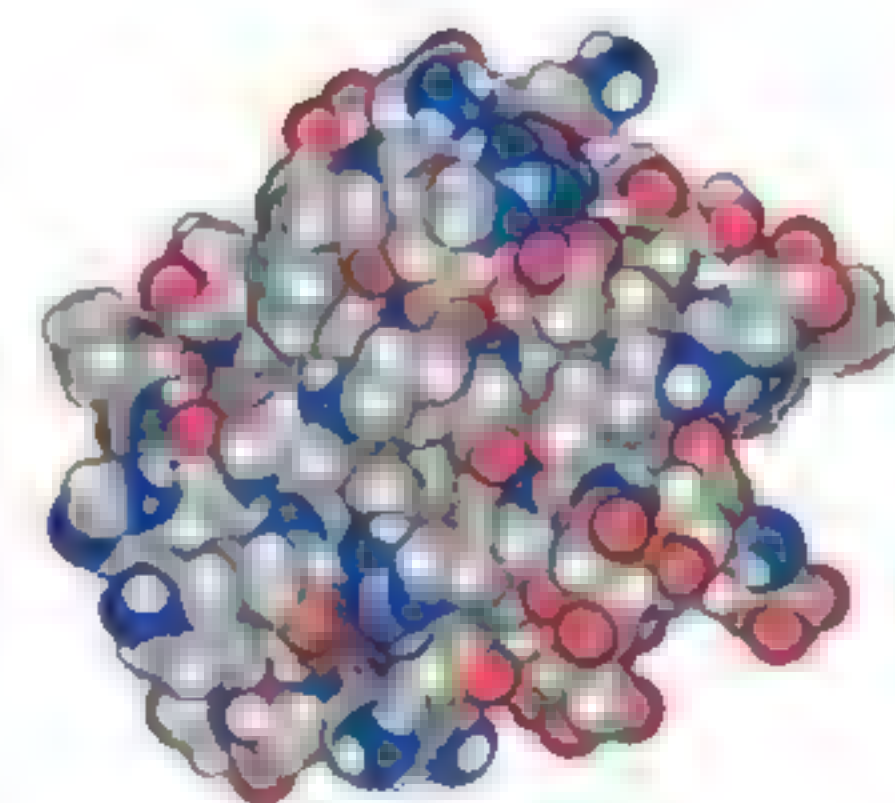
Третичная структура внешне может выглядеть как нечто округлое, картофелеобразное, с мягкими неровностями и, бывает, торчащими петлями полипептидной цепи. Белки такого пространственного вида называют глобулярными. К ним относится большинство белков, как свободноплавающих в растворе (водорастворимых), так и тех, которые включены в клеточные мембраны (рецепторы, ионные каналы и др.). Важную — в основном структурную — роль играют также фибриллярные (нитеобразные) белки, образующие огромные нерастворимые в воде агрегаты. Наконец, есть нативно-неупорядоченные белки — стабильная пространственная структура образуется у них лишь при взаимодействии с другими макромолекулами.

СОЕДИНЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ ПЕПТИДНОЙ СВЯЗЬЮ

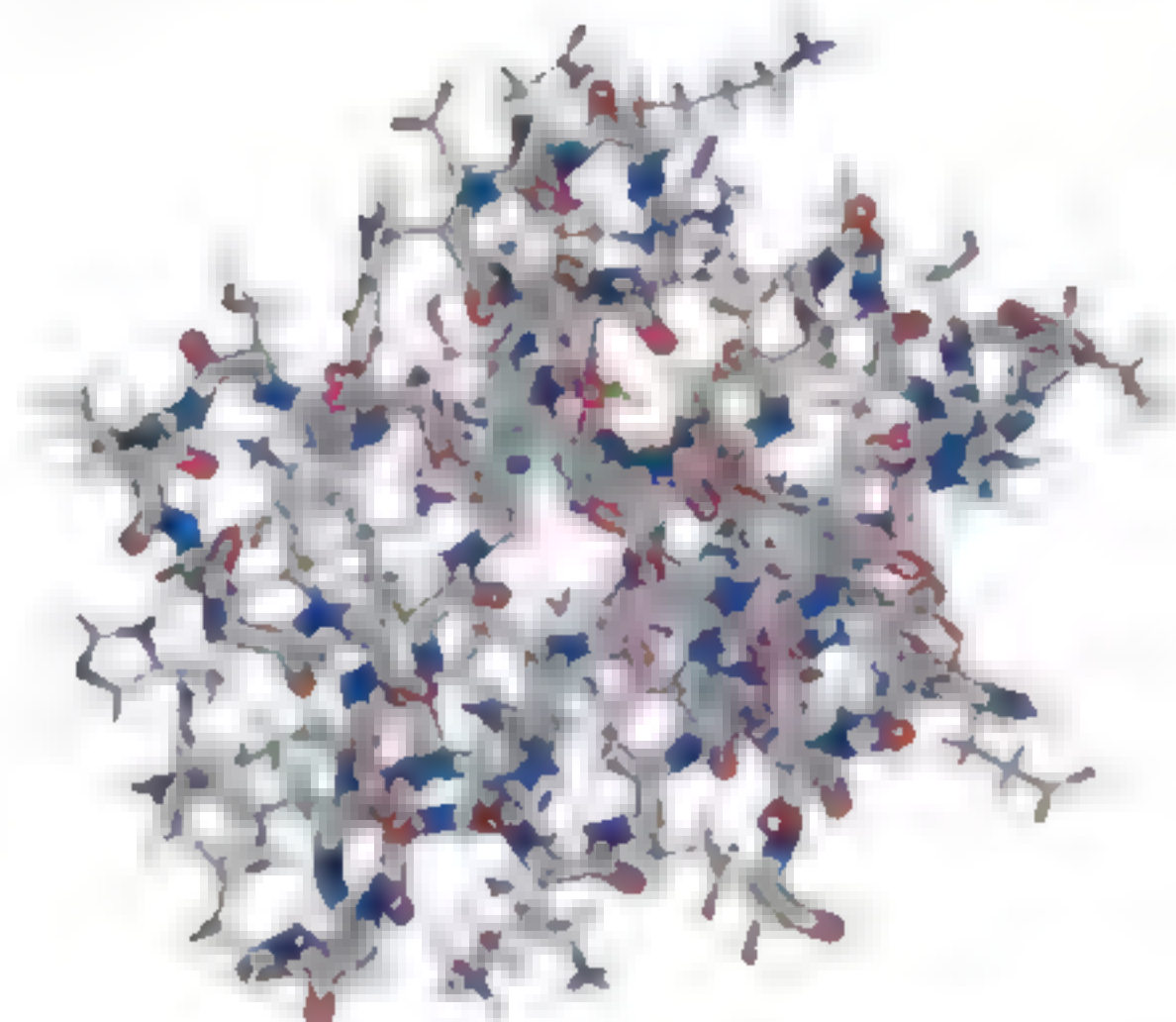


В молекуле каждой аминокислоты можно выделить несколько частей: азот с двумя водородами — аминогруппа, углерод с двумя кислородами — карбоксильная группа и боковая группа, или радикал, обозначенный на рисунке R. У каждой аминокислоты своя боковая группа, и она определяет свойства аминокислот как по отдельности, так и в составе белка. Цепочку атомов в полипептиде, образованную азотами и углеродами пептидной связи, а также углеродами, к которым присоединены радикалы, называют главной цепью.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРОЕНИЕ ОДНОДОМЕННОГО ГЛОБУЛЯРНОГО БЕЛКА



Атомная модель. Разные типы атомов окрашены по-разному. На такой «непрозрачной» модели видна лишь обращённая к нам поверхность белка.



Скелетная модель. Видна вся главная цепь (толстая линия) и все боковые группы аминокислотных остатков (более тонкие отростки).



Укладка главной цепи белка. Элементы вторичной структуры показаны красными спиралями и жёлтыми стрелками.

Пространственное строение одной из субъединиц интерлейкина 8 с разной степенью схематизации. В атомной и скелетной моделях синим цветом обозначены атомы азота, тёмно-серым — атомы углерода, светло-серым — водорода, красным — кислорода. Все рисунки даны в одной и той же проекции и в одинаковом масштабе.

Рисунки адаптированы из книги: Финкельштейн А. В., Птицын О. Б. Физика белка. Курс лекций с цветными и стереоскопическими иллюстрациями и задачами. — М.: КДУ, 2014.

Долгое время обе проблемы рассматривались как одна: предполагалось, что как только будет ясно «как может», сразу же станет ясно и «какую именно». Однако впоследствии выяснилось, что это две разные проблемы и решаются они по-разному. Поэтому мы можем позволить себе сейчас забыть о «как может» (тем более, что проблема «как может» решена², и решена она была в нашем Институте белка РАН) и сосредоточиться на втором вопросе — какую пространственную структуру имеет белковая цепь с определённой аминокислотной последовательностью.

Интерес к пространственным структурам белков привёл к начавшимся в 1970-х годах своеобразным «соревнованиям» методов предсказания. С 1994 года такие «соревнования» проводились каждые два года в формате конференций по критической оценке структурных предсказаний, CASP (Critical Assessment of protein Structure Prediction). В этих конференциях участвовали сотни представителей десятков и сотен научных групп из множества стран. Методы предсказания, использованные в CASP, первоначально базировались в основном на физике белковых цепей и на статистическом анализе уже известных белковых структур и контактов аминокислотных остатков в них.

Качество работы методов предсказания пространственных структур белков повышалось, но медленно, пока в 2018 году не появилась сделанная в Google DeepMind программа AlphaFold, а затем — AlphaFold 2³. Эти программы были основаны на «глубоком обучении» многослойных нейронных сетей, и они сразу на голову — а AlphaFold 2 на две головы — превосходили все остальные «предсказывающие» программы.

Яркий успех программы AlphaFold (а затем — и подобных ей) в определении трёхмерных белковых структур очевиден всем, кто работает в этой области науки, но остаётся ряд вопросов. Во-первых, в чём главная причина такого успеха?

² Финкельштейн А. В., Бадретдинов А. Я. Физические причины быстрой самоорганизации стабильной пространственной структуры белков: Решение парадокса Левинталя. Мол. биол., 31, 469—477 (1997).

³ Senior et al., Proteins 87, 1141—1148 (2019); Jumper et al., Nature 596, 583—589 (2021).

НЕЙРОСЕТЬ ДЛЯ ВСЕХ БЕЛКОВ

Машинные нейросети копируют некоторые принципы работы настоящих нейросетей, только нейронами в них служат элементы алгоритма. Между «нейронами» нейросетей есть связи, которые, условно говоря, могут быть сильнее или слабее. Свойства связей описываются весовыми коэффициентами. При глубоком обучении «нейроны» поэтапно ищут взаимные корреляции между разнородной информацией, вычленивая параметры, которые позволяют систематизировать данные. Эти параметры отражаются в весовых коэффициентах связей.

В случае нейросети AlphaFold, предсказывающей структуру белка, весовые коэффициенты «помнят», как часто всевозможные данные об аминокислотной последовательности связаны со структурными элементами. Когда нейросеть получает для предсказания некую последовательность аминокислот, она находит наиболее вероятные расстояния между ними, опираясь на огромное количество прецедентов, сведения о которых преобразовались в весовые коэффициенты связей между «нейронами». Эти предсказанные расстояния (или контакты) описывают структуру белка.

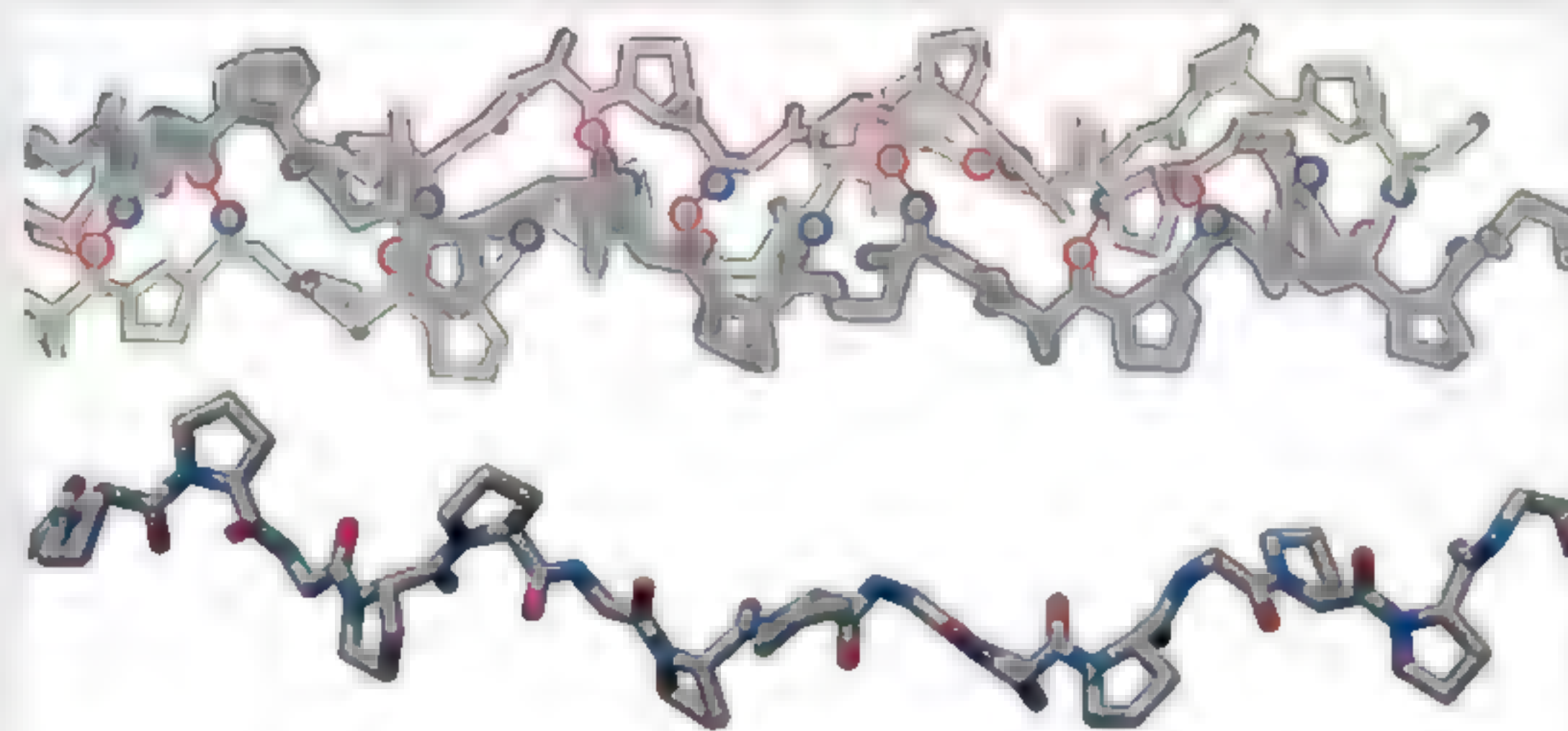
На одно предсказание у AlphaFold уходит 10–20 секунд. В соревновании CASP14 в 2020 году вместе с версией AlphaFold 2 участвовали ещё 146 методов предсказания 3D-структур,

и качество предсказаний AlphaFold 2 было как минимум в 2,5 раза выше, чем у прочих алгоритмов — это значит, что предсказанные AlphaFold 2 структуры лучше совпадали с экспериментальными данными. В июле прошлого года разработчики AlphaFold сообщили, что их детище предсказало более 200 млн белковых 3D-структур — почти все известные на сегодняшний день белки, от бактериальных до человеческих.

Тем не менее не стоит забывать, что структура, верно предсказанная по биоинформатическим данным, не обязательно существует с точки зрения физики. На рисунке показана пространственная структура белка коллагена (вверху) и предсказанная программой AlphaFold пространственная структура коллагеноподобной полипептидной цепи. Обогащённая аминокислотами глицином (Gly) и пролином (Pro), полипептидная цепь коллагена сворачивается в спираль, которая с двумя такими же спиралями образует тройную суперспираль. В скелетной моде-

ли фрагмента коллагеновой суперспирали (на рисунке — вверху) каждая из трёх спиралей выделена своим цветом. Эту структуру скрепляют водородные связи между NH-группами (синие шарики) и кислородами (красные шарики) и тесные взаимодействия между всеми тремя цепями.

Коллагеноподобный полипептид состоит из повторяющихся троек аминокислот Gly-Pro-Pro. По аминокислотной последовательности цепь должна иметь коллагеноподобную структуру, и AlphaFold совершенно правильно показывает такую структуру для отдельной цепи (предсказанная структура внизу соответствует серой цепи коллагена из настоящей коллагеновой суперспирали вверху). Однако отдельная цепь в таком виде существовать не может, её должны поддерживать взаимодействия с двумя другими такими же цепями. Если бы алгоритм AlphaFold понимал физику взаимодействий аминокислотных остатков, он бы выдавал сообщение, что структура невозможна, либо по собственному почину дорисовал бы дополнительные цепи.



Во-вторых, чем именно занимается программа AlphaFold? Основаны ли её предсказания 3D-структур на физике полипептидных цепей? Или алгоритм распознаёт 3D-структуры по сходству аминокислотных последовательностей разных цепей друг с другом — тех, для которых 3D-структуры уже получены? В-третьих, если структуры получаются из сходства аминокислотных цепей, можно ли с помощью AlphaFold извлекать из них какие-то физические закономерности? И нужны ли в принципе эти закономерности для успешных предсказаний?

АМИНОКИСЛОТНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ И СТРУКТУРНЫЕ СХОДСТВА

Если трёхмерная структура определяется аминокислотной последовательностью, то сам собой напрашивается вывод, что чем более схожи аминокислотные последовательности двух белков, тем более схожи они будут своими 3D-«портретами». Насколько должны быть похожи аминокислотные цепи для того, чтобы между ними возникла структурная схожесть? Возьмём два полипептида и вытянем их в линию рядом друг с другом, чтобы напротив первой аминокислоты одной цепи стояла первая аминокислота другой цепи. И вот, например, мы видим, что в двадцатом положении в обеих цепях стоит одна и та же аминокислота (скажем, аланин). А в двадцать первом положении аминокислоты разные. С двадцать второй по двадцать четвёртую позицию мы снова видим в обеих цепях одинаковые аминокислоты, например пролин-глицин-серин. Далее мы особого сходства не видим, но зато фрагмент с 30-й по 40-ю аминокислоты первой цепи очень похож на фрагмент с 38-й по 48-ю аминокислоты второй цепи... И так далее.

Такое совмещение полипептидных цепей с поиском сходств и различий в аминокислотной последовательности называется выравниванием. При выравнивании можно сдвигать цепи друг относительно друга и можно в одной цепи пренебречь каким-то участком последовательности, чтобы другой участок лучше совпал по аминокислотам со второй цепью. В таких случаях говорят про

выравнивание со сдвигами, вставками и deletions, то есть исключениями небольших фрагментов аминокислотной последовательности. Это кажется подгонкой под ответ, однако на самом деле все такие сдвиги, deletions и вставки ясно видны при сравнении цепей родственных белков — например, глобинов разных животных, так что подобные манипуляции имитируют происходящие в живых организмах мутации и нередко позволяют хоть как-то предсказать неизвестную структуру по уже известной.

Если две последовательности по итогам такого выравнивания совпали в более чем 25% позиций, их трёхмерные структуры будут очень похожи — это эмпирическая закономерность. Если последовательности идентичны менее чем в 20% позиций, трёхмерные структуры будут сильно расходиться. Последовательности с совпадением между 20 и 25% в смысле 3D-сходства лежат в некой «сумеречной зоне». Конечно, трёхмерную схожесть оценивают не на глаз, а с помощью параметра RMSD (Root Mean Square Deviation, среднеквадратичное отклонение), среднеквадратичной разности координат атомов трёхмерных структур. Мы накладываем две 3D-структуры друг на друга так, чтобы атомы как можно большего числа аминокислотных остатков этих двух полипептидных цепей оказались бы в (почти) одном и том же месте, то есть с почти одинаковыми координатами, или хотя бы в более или менее близком соседстве — и тогда координаты будут отличаться. Чем меньше (в среднем) эти отличия, то есть чем меньше RMSD, тем полнее совпадают пространственные структуры. Опыт показывает, что если последовательности идентичны на 30%, RMSD 3D-структур составляет около 1,4 ангстрема, при идентичности 20% — около 2 ангстрем, а при 15–10% идентичности RMSD становится больше 5–10 ангстрем и приближается к радиусу белка.

Теперь представим, что у нас есть некий белок с известной аминокислотной последовательностью и неизвестной 3D-структурой. Нам всё равно, какая у него аминокислотная последовательность, пусть она будет случайной. И ещё у нас есть база данных белков с известными 3D-структурами и — допустим — столь же случайными последовательностями аминокислот. Одни

белки из базы данных по 3D-структурам сильнее похожи своей аминокислотной последовательностью на белок с ещё неизвестной структурой, другие слабее. Вопрос в том, есть ли в базе данных по 3D-структурам белок, у которого последовательность будет на 25% (или хотя бы на 20%) совпадать с последовательностью белка, для которого мы ищем структуру. Говоря иначе, будет ли в наиболее схожих между собой случайных последовательностях хотя бы 20—25% аминокислотных совпадений.

Очевидно, что всё зависит от общего количества последовательностей, которые есть под рукой, то есть от объёма базы данных. Выше мы говорили, что сейчас есть банки данных, в которых собраны последовательности и расшифрованные структуры самых разных белков. Так, в банке PDB в 2020 году было около 150 000 3D-структур. Ещё важно сразу определить, какого размера последовательности мы сравниваем. Интуитивно понятно, что чем меньше длина полипептидов и чем больше их есть в нашей библиотеке, тем больше вероятность того, что среди них найдутся два похожих. Однако нужно учитывать биологические реалии. Характерный размер белкового домена (компактного и потому способного к самоорганизации куска белковой структуры) — около 100 аминокислот; этой длиной и стоит оперировать в вероятностных расчётах. И поскольку речь идёт о сходстве в последовательностях аминокислот, нужно уточнить, что такое случайная последовательность. Полипептидные цепи состоят из двадцати аминокислот; следовательно, если речь о случайной цепи, то вероятность любой из этих двадцати аминокислот в любой позиции цепи составляет примерно 1/20. (Известно, что аминокислотные последовательности водорастворимых — наиболее часто встречающихся — глобулярных белков весьма похожи на «случайные» — в них нет ни статистически заметной периодичности, ни заметных сгущений каких-то аминокислот.)

Можно математически показать, что если у нас в банке данных есть 150 000 «случайных» последовательностей из примерно 100 аминокислот каждая, то для той из них, что наиболее похожа на последовательность

нашего белка с неизвестной 3D-структурой, доля совпадающих аминокислот обычно составляет 19%.

Если мы имеем в виду поиск структуры по сходству, то 19% — это вблизи «сумеречной» зоны, в смысле надёжности предсказания. На самом же деле проценты аминокислотного сходства получаются несколько больше. Мы уже говорили, что при выравнивании полипептидных цепей можно сдвигать их друг относительно друга, делать вставки и делеции. То есть две цепи можно сравнить, как они есть, без всяких сдвигов (и получить 19% сходства), а можно сравнить со сдвигом, да ещё с делециями в каждой из цепей (и тогда получить 25% сходства). Биологически обе цепи остаются теми же белками, но с точки зрения биоинформатики они разные — иными словами, варианты выравнивания как бы увеличивают объём банка данных. А чем больше банк, тем больше доля совпадающих аминокислот в нашем белке с неизвестной 3D-структурой и наиболее похожей на него последовательностью из банка.

И тогда, если мы ищем наилучшее сходство с нашим белком (3D-структура которого неизвестна) в белковом банке 3D-структур PDB, это сходство вырастет с 19 до 25% — для домена длиной в сто аминокислот. А если взять «полудоменную» последовательность, доля совпадающих аминокислот — с учётом возможностей сдвигов, делеций и вставок — вырастет до 36%, и тем меньше получатся цифры RMSD, указывающие на расхождение пространственных структур, а сами структуры будут более похожи друг на друга.

Но что, если в банке белковых структур не нашлось цепи, похожей на ту, структуру которой мы пытаемся предсказать? Или, иными словами, доля идентичных аминокислот при выравниваниях никак не превысит 19—25%? В таком случае нашу цепь с неизвестной структурой можно сравнивать по частям. Пусть для белка (или домена) в сто аминокислот не нашлось ничего подходящего — эти сто аминокислот можно разделить на два «полудомена», и для каждого из них в банке найдётся достаточно похожий отрезок с известной 3D-структурой. Эти отрезки будут из разных белков, но их структуры алгоритм AlphaFold вполне может

1. ВЫРАВНИВАНИЕ БЕЗ СДВИГА, ВСТАВОК, ДЕЛЕЦИЙ

Met-Ala-Ala-Cys-Asp-Glu-Phe-Gly-His-Gly-Trp-Ser-Pro-Tyr-Gln-Ser-Thr-Val-Lys
Ala-Ser-Ala-Glu-Asp-Ile-His-Ala-Met-Lys-Leu-Asn-Ala-Pro-Gln-Ser-Ser-Gly-Val

2. ВЫРАВНИВАНИЕ СО СДВИГОМ, ВСТАВКОЙ, ДЕЛЕЦИЕЙ

Met-Ala-Ala-Cys-Asp-Glu-Phe-Gly-His-Gly-Trp-Ser-
Ala-Ser-Ala-Glu-Asp-Ile-His-Ala-Met-Lys-Leu-Asn-Ala-Pro-Gln-Ser-Ser-Gly-Val

ДЕЛЕЦИЯ: 3
ВСТАВКА: 3
СДВИГ: +2

Выравнивание двух полипептидных цепей. Совпадающие аминокислотные остатки выделены жёлтым. Небольшие сдвиги и делеции цепей друг относительно друга позволяют повысить долю аминокислотных совпадений. В данном случае нижнюю цепь сдвинули целиком относительно верхней цепи на две аминокислотные позиции, а верхнюю цепь раздвинули на три аминокислоты — в ней между серином и пролином как бы вырезали (делетировали) небольшой участок (хотя никаких аминокислот из верхней цепи не вырезали, вся последовательность осталась такой, какой была). В нижней цепи напротив делеции появилась соответствующая вставка, хотя опять же никаких новых аминокислот в последовательность не добавляли. В результате общих аминокислот стало больше.

состыковать, и тогда мы получим единый 3D-«портрет» для того белка, структуру которого пытаемся предсказать.

ПОНИМАЕТ ЛИ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ФИЗИКУ?

Повторим ещё раз: трёхмерная структура определяется аминокислотной последовательностью, а объёмы современных библиотек со структурами достаточно велики, чтобы предсказать неизвестную структуру сугубо биоинформатическими методами. То есть достаточно знать только последовательность аминокислот, не утруждая себя погружением во взаимодействия атомов, в параметры их притяжения, отталкивания и т. д. Программа AlphaFold как раз и занимается биоинформатическим поиском — после соответствующего «глубокого обучения». Обучение формирует набор параметров, которые наиболее нужны при анализе аминокислотных последовательностей и структур. AlphaFold 2 содержит примерно 21 миллион «выученных» параметров нейронной сети — это в 1000 раз больше, чем число параметров, необходимых для описания физики белковых цепей, которая оперирует парными, тройными и четверными взаимодействиями атомов. Можно сказать, что доля чисто биоинформатических усилий, когда структура предсказывается только по сходству аминокислотных после-

довательностей, в тысячу раз превосходит долю усилий, которые опираются на физику белковых цепей.

Стоит уточнить, что 21 миллион параметров — это те, которые получены как искусно сделанный экстракт, на обучающем материале, то есть на всех имеющихся базах данных. Они образуют собственную, или «внутреннюю», память программы AlphaFold. Но она может использовать и «внешнюю память», то есть полные белковые базы данных со всей имеющейся там информацией. А в PDB, с его 150 000 трёхмерных структур, — порядка миллиарда атомных координат сотни миллионов аминокислотных остатков. А ведь есть ещё банк UniProtKB — в нём хранится более 200 миллионов последовательностей, содержащих почти 100 миллиардов аминокислотных остатков. Всеми этими миллиардами AlphaFold может пользоваться, анализируя всевозможные взаимные контакты аминокислотных остатков. AlphaFold может работать и без этой «внешней памяти», но с ней предсказания получаются лучше и надёжнее⁴.

⁴ Ivankov D., Pak M., Finkelstein A. AlphaFold: predicts or recognizes the protein structure? PROGRAM of the XXVIII Symposium on Bioinformatics and Computer-Aided Drug Discovery, May 24-26, 2022, Moscow (http://www.way2drug.com/dr/bcadd2022_program.php).

ПОЛИПЕПТИДНЫЕ ВЕРОЯТНОСТИ

Возьмём случайную последовательность аминокислотных остатков S_n и сравним её с другими случайными последовательностями той же длины, общим числом N . Пусть все эти цепи, включая S_n , состоят из n аминокислотных остатков (для белкового домена характерно $n \approx 100$). Каждый тип аминокислоты в каждой позиции выпадает с вероятностью $p \approx 1/20$.

Вероятность того, что случайная аминокислотная последовательность S_n совпадает с другой случайной последовательностью той же длины n в m позициях, согласно распределению Пуассона, равна

$$P_{m,p,n} = [(pn)^m / m!] e^{-pn},$$

когда каждый тип аминокислотного остатка выпадает с вероятностью p .

Если же случайную последовательность S_n сравнивать не с одной, а с N случайными последовательностями той же длины n , то $P_{m,p,n} \cdot N$ — ожидаемое число членов из набора случайных последовательностей, совпадающих с S_n в m позициях. Таким образом, уравнение

$$P_{m,p,n} \cdot N = 1$$

определяет максимальное ожидаемое число M совпадений последовательности S_n с наиболее сходной с ней последовательностью из набора N случайных последовательностей.

Если $p \ll 1$, а последовательности достаточно длинные ($1 \ll pn$), то, интересуясь только парами последовательностей с высокой идентичностью ($1 \ll pn \ll m$), можно использовать приближение Стирлинга $m! \approx (m/e)^m$, где $e \approx 2,72$ и получать

$$P_{m,p,n} \approx (ep/(m/n))^m e^{-pn}.$$

Из этого уравнения следует максимальное ожидаемое значение m/n , обозначаемое как M/n :

$$((M/n)/pe) \cdot \ln((M/n)/pe) = (1/npe) \cdot \ln(N) - 1/e.$$

При $p \approx 1/20$, $n \approx 100$ и $N \approx 150\,000$ (столько было 3D-структур в банке PDB в 2020 году, когда появилась программа AlphaFold 2) $M/n \approx 19\%$, а при $N \approx 200\,000\,000$ (столько было аминокислотных последовательностей в UniProtKB, банке первичных структур белков, в 2020 году) $M/n \approx 24\%$. И это — без сдвигов, делеций и вставок.

Может ли AlphaFold узнать что-то из физики, просто анализируя последовательности и соответствующие им структуры? И нужна ли вообще искусственному интеллекту этой программы физика? Да, из физики AlphaFold кое-что знает. Белковые структуры складываются из разных элементов, которые бывают более или менее стабильными именно с физической точки зрения. Об относительной их стабильности можно судить по статистике, с которой они встречаются в различных белках, — а такую статистику можно извлечь из PDB. Но AlphaFold ничего (пока?) не знает о процессе сворачивания белка. Выше мы говорили, что сворачивание можно понимать в смысле процесса и в смысле результата. И, например, время сворачивания полипептидной цепи (которое относится именно к процессу) AlphaFold предсказать (пока?) не может.

И даже если говорить о предсказании готовых структур (то есть результата сворачивания), можно найти прецеденты, когда AlphaFold явно демонстрирует незнание физики. В частности, алгоритм AlphaFold вполне способен выдать структуру, полностью противоречащую физике этой структуры. При этом сама структура будет вполне правильной, просто для того, чтобы она существовала, её должны поддерживать взаимодействия других полипептидных цепей. Из чисто биоинформатических данных AlphaFold строит именно ту структуру, которая и должна быть. Но искусственному интеллекту не приходит на ум, что сама по себе такая структура существовать не может, — просто потому, что AlphaFold не анализирует физические взаимодействия.

Наконец, есть примеры специально сконструированных белков, в которых мутация одного-единственного определённого аминокислотного остатка кардинально меняет структуру. В этом случае, если попросить AlphaFold предсказать мутантную структуру, то наверняка возникнут проблемы — опять же потому, что алгоритм будет полагаться не на универсальную по своей природе физику, а на данные, хранящиеся в име-

ющихся на сей день огромных, но всё же ограниченных базах. Тут уместно пояснить, почему «чисто физические» расчёты не помогают справиться с задачей предсказания 3D-структур белков. Сейчас физика может оценивать энергии белковых структур с неизбежными, пусть очень небольшими погрешностями. Эти погрешности достаточно малы, чтобы практически точно, с уверенностью 99,9%, ответить на вопрос: «Какая из двух структур стабильнее, то есть имеет более низкую энергию?» Но эти же погрешности оказываются слишком большими, чтобы ответить на вопрос: «Какая из миллиардов структур самая стабильная?» И вот тут-то срабатывают все гигабайты биоинформатических данных.

В целом можно сказать, что AlphaFold опирается преимущественно на биоинформатику, а своему успеху программа обязана огромным, собранным за полвека трудом сотен тысяч учёных библиотекам белковых данных (и, разумеется, мастерству программистов). Если бы нынешний алгоритм AlphaFold появился в 1974 году, когда были известны примерно тысяча аминокислотных последовательностей и всего около десятка белковых структур, он просто не смог бы работать. Опираясь только на биоинформатические данные, AlphaFold лишь в небольшой степени использует физику белковой цепи и в целом вполне обходится без неё.

●

В заключение можно задаться философскими вопросами. Означает ли хорошее предсказание, что предсказатель понимает, что происходит? Позволяет ли верное понимание того, что происходит, хорошо предсказать результат того, что происходит? Ответ на оба эти вопроса — нет! И хорошую иллюстрацию здесь даёт история астрономии.

Жрецы Древнего Египта и Вавилона неплохо предсказывали затмения Солнца и Луны — потому что у них были огромные архивы за 2 тысячи лет наблюдений. И они знали: если на восходе Солнца молодая Луна была там-то, через месяц Солнце затмится — потому что именно так уже было много раз. А если на заходе Солнца старая Луна была там-то, через полмесяца затмится Луна — опять же, потому что именно так уже было много раз!

Предсказание было точным — при полностью неверном понимании ситуации: жрецы Древнего Египта и Вавилона считали Землю плоской, а о вращении Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли речи вообще не шло...

Позже Птолемей создал (тоже — располагая огромными архивами) теорию эпициклов, предсказывающую не только затмения Солнца и Луны, но и движение всех известных тогда планет на земном небе. При этом для него и Солнце, и Луна, и все планеты двигались вокруг Земли... Опять — отличное предсказание при неверном понимании ситуации.

Затем Коперник понял, что всё вращается вокруг Солнца, — но постулировал, что все орбиты круговые. И при верном общем понимании процесса Коперник предсказывал движения планет хуже, чем Птолемей (что вредило принятию гелиоцентризма не меньше, чем церковь). А всё из-за численной ошибки: Коперник рассматривал орбиты как круги (имеющие нулевой эксцентриситет), а не как эллипсы — пусть с небольшим, но не нулевым эксцентриситетом. И для некоторых планет Копернику всё же приходилось обращаться к помощи эпициклов, фактически моделирующих эллиптичность орбит. До эллипсов додумался только Кеплер, а позже Ньютон нашёл причину их существования на основе своей теории гравитации.

И только тогда верное понимание объединилось с верными предсказаниями движений — и не только планет, но и комет, и ракет.

Итак, хорошее предсказание — далеко не гарантия верного понимания, а верное понимание того, что происходит, не обязательно даёт хорошее предсказание при неточных параметрах расчёта. И это в полной мере относится к искусственному интеллекту в лице AlphaFold, программы-предсказателя структур белковых цепей.

Авторы благодарны Н. В. Довидченко, С. О. Гарбузинскому, М. А. Пак, Г. Вринду (G. Vriend) и особенно Дж. Джемперу (J. Jumper) за обсуждение затронутых в статье тем.

Работа поддержана Российским научным фондом (проект № 21-14-00268).



● Американский селекционер Эд Карри, занимающийся выращиванием острого перца и выведением его новых сортов, получил сорт Рерпер Х. Он настолько жгуч, что сам Карри, попробовав своё творение, впал в судороги и пришёл в себя лишь через 5—6 часов. Это не рекорд ради рекорда: применение Рерпер Х в пищевой промышленности позволит сильно сократить расходы. Если на массовое производство готовых блюд, полуфабрикатов или консервов требуется в сутки 208 кг порошка из перца средней жгучести,



Фото: Dale Thurber/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0

то нового достаточно будет 125 миллиграммов. На снимке предыдущий по остроте сорт — Carolina Reaper.

● Тропическое растение *Pachypodium lamerei*, похожее на кактус, встречается на юге Африки и на Мадагаскаре. Охраняется законом, но иногда его нелегально вывозят для богатых коллекционеров. В природе оно вырастает до 6 м, в домашних условиях не более 1,8 м.

● Городок на границе США и Канады разделён

между странами. Канадская часть называется Стэнстид, американская — Дерби-Лайн. В 1904—1905 годах в знак дружбы между США и Канадой на границе возвели большое здание библиотеки и оперного театра. На полу библиотеки проведена линия границы (см. фото). Она отмечена и посередине зрительного зала театра. Но книги на английском и французском языках расставлены в библиотеке вперемешку.

● При поисках подземного источника воды для оро-

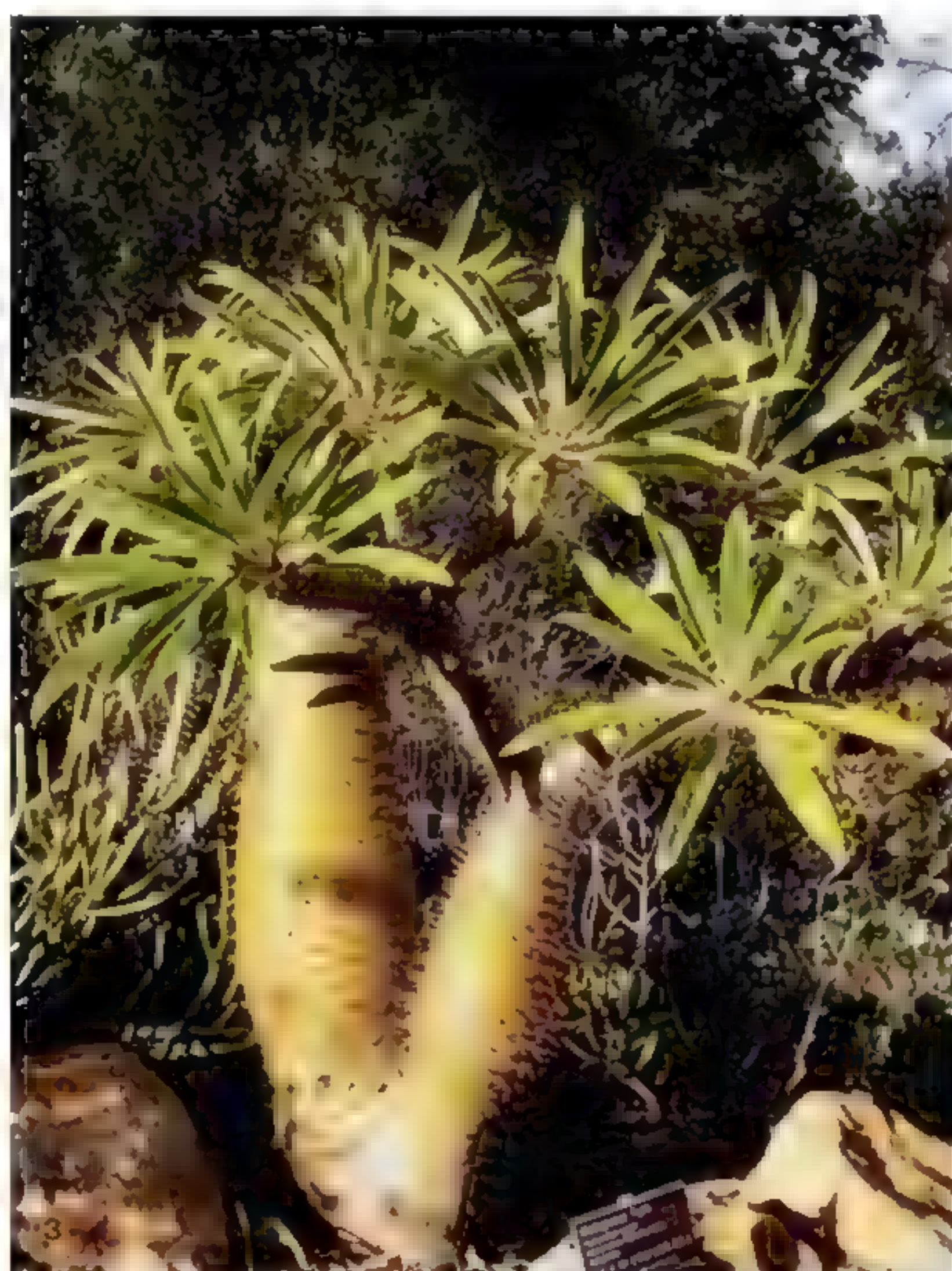


Фото: Daderot/Wikimedia Commons/PD

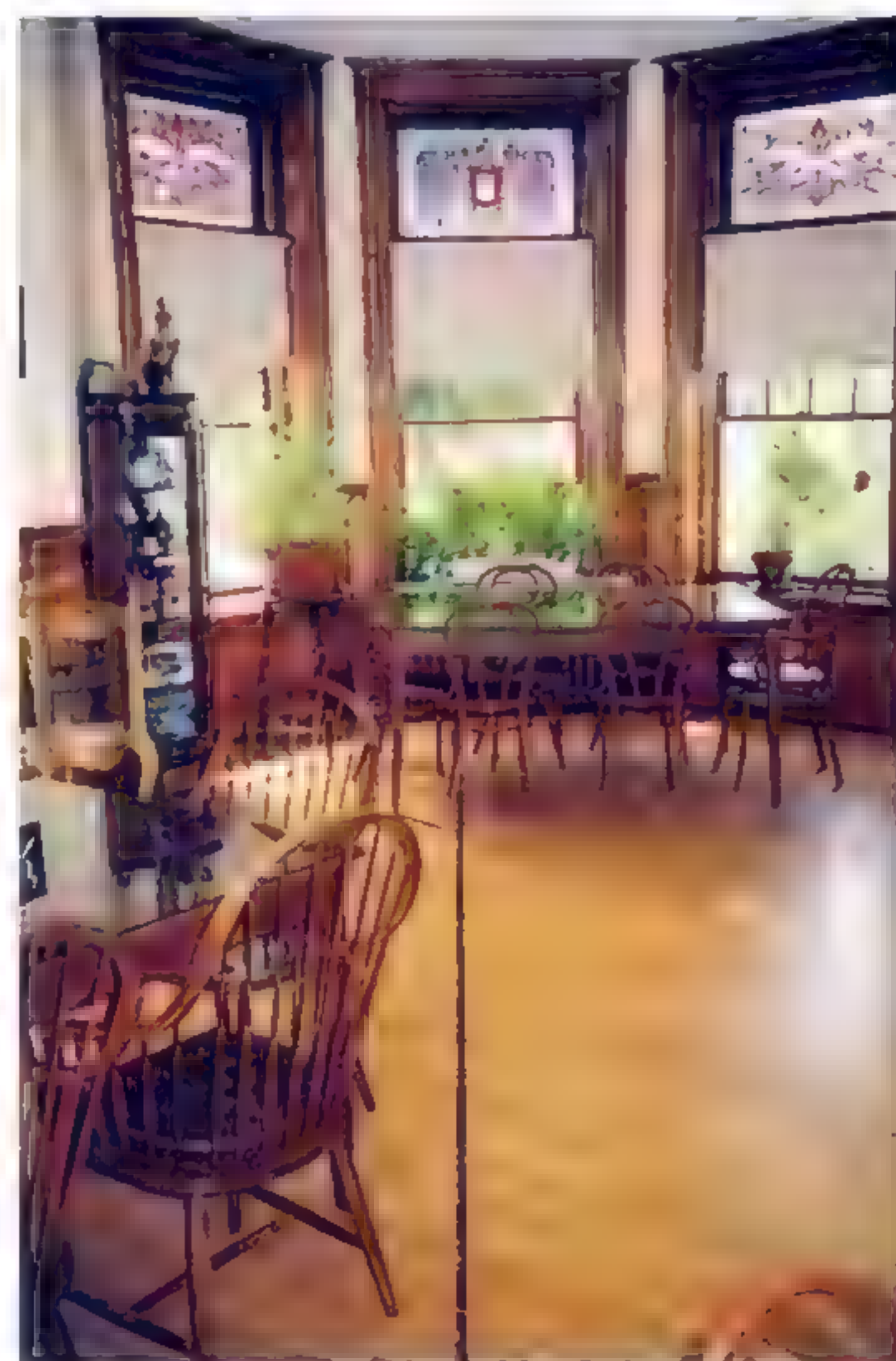


Фото: No Author/Wikimedia Commons/CC BY-SA 3.0



Фото: J. C. Munns/Wikimedia Commons/PD-self

шения полей в штате Невада (США) некий землевладелец в 1916 году пробурил скважину на своём участке, но оттуда забила горячая минеральная вода. Скважину пришлось оставить, и постепенно вокруг неё образовался конус из известковых и кремнистых отложений. Следующую попытку предприняли только в 1964 году, и опять забила горячая минеральная вода с температурой до 93°C. К нашему времени вокруг источника образовался внушительный конус минеральных отложений, он объявлен памятником природы, и владелец участка неплохо зарабатывает на туристах.

● В городе Милуоки (США) возведено самое высокое в мире деревянное здание — 25 этажей, 86,5 м. Правда, в фундаменте использован бетон. И древесина тут не

простая, на самом деле это негорючий клеёный брус, в котором слои специаль-

но обработанных досок скреплены синтетическим клеем.



Фото: SidewalkMD/Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0



МАСТЕРА МАСКИРОВКИ

Олег ПЕРШИН, натуралист,
путешественник, фотограф.

...Ну вот, последняя семейка журавлей, кормившаяся возле поля с молодой кукурузой, не спеша поднялась в воздух и, курлыча мне прощальные слова, скрылась за чёрным профилем леса. Наблюдение за журавлями на сегодня закончено, и вместе с фотоаппаратурой я выбираюсь из своего скрадка. Минут через двадцать пешей прогулки буду на лесной полянке,

где разбит мой лагерь, — приготовлю себе ужин и горячий чай с чабрецом. По пути полюбуюсь видами, недоступными взору из укрытия.

Красно-малиновое светило уже почти полностью погрузило своё тело в плотную вечернюю дымку у самого края земли. Его мягкий свет, подобно киселю, стал растекаться во все стороны от заката, как будто на прощанье отдавая последнее тепло всему живому. Движение воздуха полностью остановилось, звуки стали отдалёнными, редкими и... иными, чем днём. Низко надо мной беззвучно пролетел первый ночной хищник. Настаёт «золотое» время, когда болотные, ушастые и прочие совы приступают к активному периоду — охоте. Подходя к лагерю, я предвкушал удовольствие

послушать крики и уханье неясителей... с дымящейся кружкой в руках.

Полевой ужин без изысков. Он вкусен, а, главное, быстр, ведь темнота коротка и завтра новые съёмки. Растянув над собой импровизированный балдахин из сетки от надоедливых moskitov, я расслабился и приготовился слушать местный лес...

Но ровно через минуту после того, как небосвод погас окончательно, вместо обещанных самому себе голосов неясителей раздались другие звуки. Они включились без «предисловий», как от электрического выключателя. Если бы подобные звуки доносились откуда-то издалека или хотя бы из глубины леса, они напоминали бы поднимающийся в горку «деревенский» одноцилиндровый

● ЛИЦОМ К ЛИЦУ С ПРИРОДОЙ

мопед... Но звук был громким и чётким настолько, что я обернулся. Это же козодой — и поёт прямо на краю моей полянки!

Таинственная ночная птица. Увидеть её — большая удача. Хотя и считается, что козодой — не редкое животное в нашей стране, но для того, чтобы его послушать, надо знать или угадать нужное место. И вот шанс! Упустить его нельзя. Быстро достав маленькое белое полотенце, я стал хлопать им по воздуху, имитируя хлопки крыльев. В ту же минуту силуэт с остроконечными крыльями, как у ястреба, буквально завис надо мной. Зрение уже привыкло к темноте, и я без труда различил на краях хвоста и крыльев белые пятнышки. Это самец! Быстро включив фонарик, я увидел огромные глаза козодоя — они буквально испускали красный свет, подобно маленьким прожекторам. Зрелище не для слабонервных, к тому же самец вдруг бросился к моим ногам! Пару секунд мы изучали друг друга в упор, и вот... он уже сидит на разлапистой ели неподалёку. Ффух! Вот так встреча! И это всё — не



*Вот я какой,
козодой!*



выпуская кружки с чаем из свободной руки...

Погрузившись в мягкость спального мешка, я ещё долго слушал ночные песни козодоя, по ходу меняя планы на завтра. Необычная трель этой таинственной птицы, издаваемая за тонкой стенкой палатки, «закладывала» уши. Почему я сравнил её с работой мопедного мотора? Потому что продолжительный «рокот» логично заканчивается тем, что при движении в горку слабенький мотор попросту «захлёбывается» и глохнет. Вот именно с этим и ассоциировалась у меня песня козодоя. Слышались, конечно, и другие коленца, однако продолжительная «механическая» трель была неподражаема.

Предрассветные голоса дневных птиц разбудили меня вовремя. Ближайшей задачей стало найти самку, ведь токование козодоев-самцов всегда происходит в непосредственной близости от их гнёзд, порой в трёх-четырёх метрах. «Настроив» глаза на поиск знакомого образа, я стал методично, метр за метром, обходить подходящий биотоп козодоев. Вырубки, опушки, захламлённый лес и беломошники в сухом месте — среда их

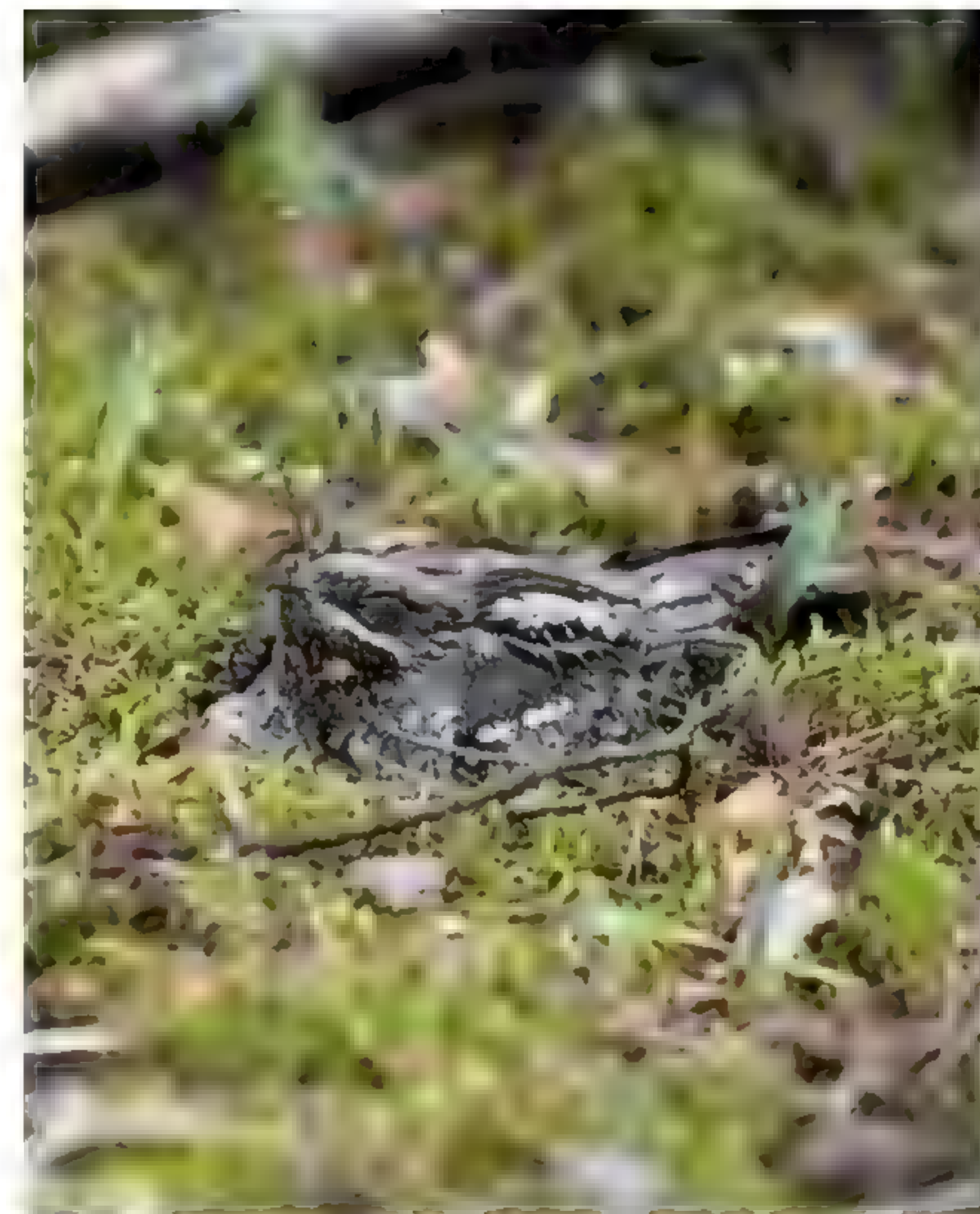
гнездования. Известно, что самого гнезда козодои не строят, а откладывают два яйца прямо на травянистый грунт. Но на практике оказывается, что козодои могут устроить гнездо даже на тропках грибников, отчего сами и страдают.

В тот день гнезда я так и не нашёл. Но это навело меня на размышления и воспоминания о старых встречах с другими птицами, которыми я хочу здесь поделиться.

Почему, несмотря на свой опыт и наблюдательность, меня постигла неудача?

«Таинственность» козодоев заключается не только в противоречивом и даже ошибочном названии птицы, легендах и мифах о козодоях, но и буквально во всём их поведении и облике. Козодой проявляет активность ночью, днём птица малоподвижна. Внешность жутковата: огромные глаза, крошечный, едва заметный клюв с вибриссами у основания, ноздри-трубочки с закрывающимися крышечками, короткие, почти неразличимые ноги и голос, от которого буквально цепенеешь. Но главная черта козодоя — умение маскироваться так, что неподвижно лежащую на кладке птицу невозможно разглядеть. Это его

феноменальное качество достигается специфическим «камуфляжным» оперением с затейливым струйчатым рисунком. Нет ни одного участка тела, которое не задействовано в маскировке. Даже белые пятна на оперении, отличающие самца, расположены так, что в положении птицы лёжа или сидя их не видно. Однако одной маскировки козодоям мало — характерное поведение «затаивания» является дополнительным средством скрадывания. При приближении к насиживающей птице потенциально опасного животного она опускает голову, вжимается в почву, чуть распластывает оперение, делая визуальные переходы от тела к окружению неразличимыми. Кроме того, козодой полностью закрывает глаза. И это важно, ведь блики от поверхности огромных глаз выдавали бы птицу! Ну и конечно, абсолютное отсутствие движения, дрожания. И выдержка: птица остаётся недвижимой до последнего — критического — расстояния от приближающейся угрозы. Забегая вперёд, скажу, что впоследствии у меня были случаи, когда козодой слетал со своего гнезда почти в тот самый момент, как я уже заносил над ним ногу, рискуя наступить. При этом

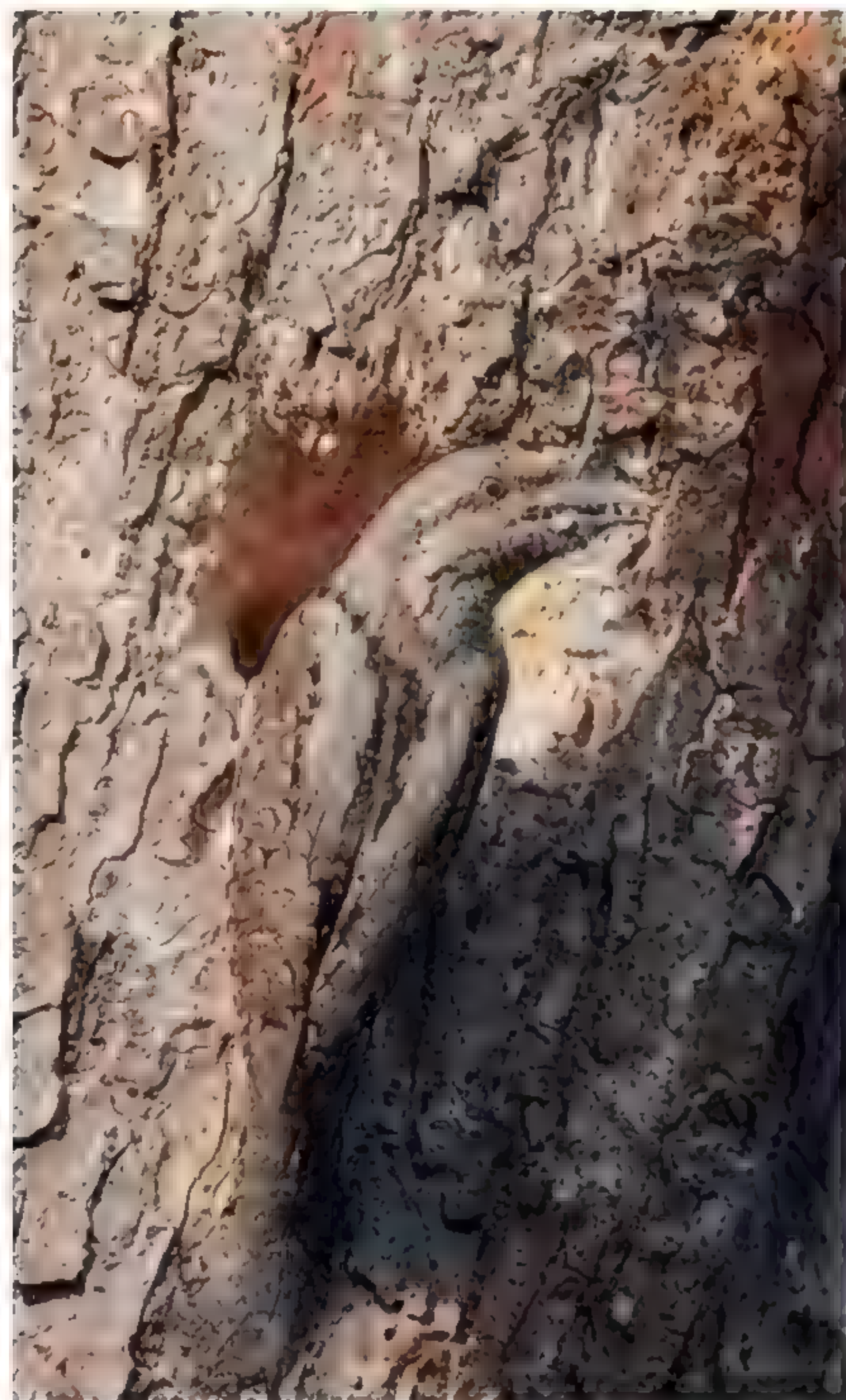


двигался я медленно и внимательно, но не мог разглядеть птицу. По рассказам моих коллег-натуралистов, всё-таки нашедших козодоев на гнезде (чаще всего — посредством вспугивания), даже если ты видишь лежащую птицу и вдруг отвёл от неё взгляд, повторно найти её





Вертишейка
(на нижнем
снимке
тоже она).



бывает весьма затруднительно. Видимо, за эти мгновения козодой ещё больше вжимается в почву, мимикрируя под неё почти на 100%.

Понятие мимикрии объёмно и систематизировано по классам животного мира. Одна из форм мимикрии, называемая маскировкой, позволяет птицам сливаться с окружающей средой. Они могут имитировать текстуру и цвета веток или листьев, делая себя невидимыми для хищников или людей. Более того, птицы некоторых видов имеют удивительную способность изменять окраску своих перьев в зависимости от сезона или вида местности, чтобы оставаться незамеченными своими врагами. Наряду с мимикрией внешней есть имитационная мимикрия. Это ещё один способ, при помощи которого птицы могут обманывать. Они способны имитировать внешний вид или поведение птиц других видов, чтобы запутать хищников. Например, некоторые виды свиристелей имитируют крики хищных птиц, чтобы отвлечь их внимание от своего гнезда или потомства.

Размышляя о мимикрии в целом как об эффективном виде защиты в птичьем мире, я осознал, насколько широко



Воробьиный
сычик.

это явление распространено и какую важную роль в выживании птиц оно играет.

Действительно, вспоминая первое знакомство с уникальным по своей природе дятлом вертишейкой (большому семейству дятловых посвящена отдельная статья автора, см. «Наука и жизнь» № 9, 2023 г. — Прим. ред.), я отчётливо понял, почему так тяжело было найти его. Этот «тихий» дятел, как правило, не рубит дупел, предпочитая занимать прошлогодние дупла пёстрых дятлов или жёлн в старых, мёртвых, одиночно стоящих деревьях с отслаивающейся корой или без коры вообще. На стволах последних отчётливо видны многочисленные следы жуков-короедов. Когда вертишейка садится на такое дерево, она становится невидимой для своих врагов. Тогда я тоже не мог различить вертишейку, неподвижно прильнувшую к сломанной бурей лиственнице, по крайней мере, до того момента, пока она не слетела за кормом. Струйчатый рисунок оперения на всём теле здорово маскировал её! Опираясь на хвост, вертишейка так распушала перья на нём, что трудно было найти границу ствола и птицы. В дальнейшем, при поиске новых гнездовых вертишей-

ки я, в первую очередь, ориентировался на её голос, всякие попытки найти её визуально оказывались тщетными. Но зато брачные крики этого маленького дятла я научился определять благодаря звонкости и громкости его голоса — это что-то среднее между голосами зелёного и седого дятлов и криками мелких соколов. Кстати, название «вертишейка» напрямую связано с имитационной мимикрией — застигнутая врасплох куницей или белкой, вертишейка начинает притворяться змеей. Она крутит головой, изгибает шею и шипит! От такого натиска любой хищник «струхнёт» и предпочтёт ретироваться. Даже зажатая в руке человека, вертишейка не теряет дух и продолжает «страшно» извиваться, а угрожающее шипение переносят далеко не все. Мимикрия в действии!

Забавный случай с демонстрацией имитационной мимикрии я наблюдал с самой маленькой нашей совой — воробьиным сычком (статью о сычке см. «Наука и жизнь» № 1, 2021 г. — Прим. ред.). Будучи дневным хищником, сычик обычно продолжительное время восседает на дереве, карауля свою жертву на земле или под снегом. Но, хотя эта маленькая сова — гроза

всех грызунов, и она становится добычей более крупных сов и ястребов. Вот что «придумал» сычик для своей защиты: при появлении на горизонте ястреба-тетеревятника или неясоти, да и вообще любой опасности, этот малыш менялся до неузнаваемости. Он чуть ли не в два раза вытягивался по вертикали, а прикрывающие слуховые проходы перья приподнимал таким образом, что внешне становился похожим на... филина! Только очень маленького. И с таким «филиным» выражением «лица» он провожал взглядом опасность до тех пор, пока та не скрывалась из виду. А если тетеревятник садился где-то поблизости, карауля сычика, малыш держал свою маску очень долго. Уходя от погони, сычик проявлял чудеса маневрирования: стремительно пролетал сквозь самые густые кусты и ветви, неожиданно и резко делал повороты под девяносто градусов.

Вообще, многие совы, отдыхающие от ночной охоты днём, используют свою покровительственную окраску оперения для того, чтобы их не беспокоили на

днёвке. Почти все они стараются присаживаться на ветви деревьев так, чтобы слиться с корой, прижаться к стволу или спрятаться в изломах старых ветвей. Это помогает, но не всегда: если врановые птицы найдут сову на днёвке, то сна ей не дадут — сове придётся искать другое маскировочное место.

Однажды мне самому пришлось оказаться в роли маскируемого и прочувствовать на себе эффект невидимки. Дело было в высокогорье, в долине одной из быстрых рек, впадающих в Большое Алматинское озеро. Желая поснимать довольно редкую птицу — серпоклюва, мне пришлось таким тщательным образом замаскировать своё укрытие, чтобы наверняка получить результат. И что символично: сам серпоклюв тоже оказался мастером маскировки — его мимикрия под речные валуны и гальку удалась бы на 100% и я бы вряд ли нашёл его, если бы не изогнутый красный клюв. Да и поначалу я увидел только одну птицу, а уж потом «распознал» среди пёстрого галечника ещё три. Сам я устроился в мобильном скрадке,



Обыкновенная гага.

обложенном булыжниками и сверху накрытом сетью...

Велось наблюдение, щёлкал затвор камеры, серпоклювы хоть и поглядывали в мою сторону, но не проявляли никакого беспокойства. И вдруг... прилетел вертолёт. Лётчики малой авиации обычно очень тщательно выбирают места для посадки винтокрылых машин. Прилетевший никак не мог распознать в куче камней замаскированного человека, и он уверенно посадил свой МИ-8 в каких-то тридцати метрах от меня, не заподозрив моего присутствия. Чего нельзя было ожидать от группы туристов, вывалившейся из «брюха» воздушного судна и дружно проследовавшей прямо ко мне. Сидя в скрадке и наблюдая за происходящим, я ни на минуту не сомневался, что уж туристы-то сразу увидели меня на земле и теперь идут ко мне пообщаться. Каково же было моё изумление, когда вся группа, с рюкзаками и камерами промелькнула в окне моего укрытия и только замыкающий споткнулся о растяжку скрадка, тем самым демаскировав его. Когда наши взгляды встретились, его зрачки были расширены до предела, рот перекошен от страха и удивления...

Очень похоже на козодоя ведёт себя на гнезде и большая северная утка — гага. Вот у неё выдержка — «железобетон». И один раз, по неопытности, я всё-таки наступил ей на хвост, а мой напарник, учётчик на маршруте, демонстрируя мне способность птицы до последнего маскировать своё гнездо, запросто взял её руками. Ни одна кладка, конечно же, не пострадала тогда, но этот случай дал возможность понять, насколько незыблемы законы Природы.

...Спокойно осмыслив всё это, через несколько дней я вернулся к месту, где слышал ночью козодоя. Одолеl азарт — неужели так и не смогу найти «таинственную птицу»?

После заката убедившись, что самец поёт на том же месте, на утро я составил план действий. Уже не рассчитывая найти самку на гнезде, я решил поискать «певуна» на его днёвке. Обычно самцы отдыхают после ночной активности на деревьях, причём занимают ветви нижнего яруса или могут сидеть прямо на старых поваленных деревьях. Что примечательно — и это снова относится к маскировке, — козодои располагаются на дереве не поперёк ветвей, как все



Серпоклюв.



остальные птицы, а вдоль! При этом они практически лежат на ветвях, вытянувшись и становясь малозаметными.

Нарисовав в сознании такой образ спящего козодоя, я стал обследовать выбранный квадрат. Надо сказать, что в такую рань в лесу я уже был не один. Тут, то там были слышны голоса грибников, и вот уже с некоторыми пришлось пересечься. Грибная пора — азартный и стихийный период в жизни многих людей, однако, подумалось мне, могут и затоптать случайно гнездо...

Только мы разошлись с одной любительницей тихой охоты, как я услышал за спиной сдавленный крик. Резко обернувшись, краем глаза заметил метнувшуюся тень, пропавшую за стволами сосен. «Дело пошло! Скорее всего, это мой козодой, теперь максимум внимания и осторожности», — подумал я, медленно приближаясь к соснам. Предположение оправдалось буквально через минуту. Вот что значит максимально обострить зрение и настроиться на объект. На покачивающейся еловой ветке в очень интересной позе сидел вожденный козодой! Распустив крылья, потревоженная птица даже не пыталась маскироваться. Наоборот! Опустив крылья как можно ниже, она трепыхала ими и вся

дрожала, изображая ранение. «Самка! Значит „грибница“ спутнула её с гнезда, а самец где-то спит», — мелькнуло в голове. Притворство самки длилось недолго: как только птица убедилась, что я медленно подхожу ближе, она взмахнула заострёнными крыльями и, поднявшись на верхний ярус сосны, слилась с одним из толстых обломков ветки.

К такому неожиданному приёму прибегают многие животные — они привлекают внимание хищника или человека к себе, чтобы отвести его от кладки или птенцов. И это срабатывает всегда. Вот и козодой всеми силами старается быть заметным. Не случайно птица намеренно садится на тонкие ветви, принуждая их раскачиваться под своим весом. Теперь главное для меня — не наступить на кладку, ведь у яиц тоже покровительственная окраска с «мраморным» рисунком. Трёхсантиметровые «камушки» белого или голубовато-серого цвета густо покрыты желтовато-бурыми пятнами, и это гарантированно скрадывает ничем не прикрытые яйца — почва в лесу во второй половине июля очень пёстрая.

Как и следовало ожидать, сколько бы я ни «тарачил» глаза, найти кладку так и не получилось. Мне оставалось одно: отойти подальше от места встречи с





козодоем и понаблюдать — возможно, удастся заметить движение, когда самка решит вернуться к гнезду. Долго ли придётся ждать и вообще, смогу ли заметить такую скрытную птицу под тёмным пологом леса, был большой вопрос...

«Яйца лежат в тёплом мшистом субстрате, однако процесс инкубации требует постоянного обогрева. Поэтому, — думал я, — козодой вернётся быстро». Не прошло и десяти минут, как

мне очень повезло: в нужное мгновение я смотрел именно туда, где мелькнул тёмными крыльями падающий к земле силуэт. Зрительно обрисовав этот квадрат, я не спеша стал обходить его, глядя в центр, в надежде что-то заметить. Зная наверняка, что самка сидит на кладке, я сосредоточился теперь на поиске одной-единственной части её тела, которую замаскировать невозможно. Как вы думаете, что это? Большой,



чёрный и блестящий глаз козодоя! Именно по блику в глазу я и надеялся его распознать. Однако козодой не был бы мастером маскировки, если бы не «учёл» и это. В момент критического расстояния до хищника и любой угрозы козодой действительно почти полностью смыкает веки, оставляя едва заметную полоску между ними, чтобы можно было смотреть на врага.

Так «козодоиха» и сделала, когда я был в двух метрах от неё. Но... было уже поздно — я всё-таки заметил этот блестящий глаз! Чтобы дать понять птице, что я её не вижу, я шагнул в сторону. И затем отошёл на безопасное расстояние, спрятавшись между стволами деревьев. Теперь можно спокойно понаблюдать за ней. Прижавшись к земле и вытянув голову вперёд, «козодоиха» была похожа на кусок старой коры, почерневшей от времени. Ни единым движением она не выдавала себя и, как мне казалось, не дышала.

Ну что ж, гнездо найдено, и теперь я боялся отвести глаза от птицы — боялся вновь потерять её. Надо было визуально «зацепиться» за какой-то объект рядом с ней, чтобы было легче находить насильяющую птицу снова. Я «зацепился» за коряжку, только после этого смог уверенно оторвать взгляд от козодоя,

с таким трудом найденного. Не желая больше беспокоить птицу своим присутствием, я поспешил ретироваться. Ночью поставлю скрадок на комфортном для наседки расстоянии, и можно будет безопасно наблюдать за ней.

...Дождливый рассвет очень медленно прибавлял освещённость, буквально дозируя её, и экспозиции не хватало. Приходилось ждать. Мокрая трава вокруг гнезда поглощала и без того скудный свет, скрывая очертания угадываемого в сумерках тела козодоя. Ночью самец менял самку на гнезде, давая ей возможность поохотиться на бабочек и жуков, не забывая при этом развлекать меня своими «моторными» трелями.

Вскоре воздушные массы качнулись, подогретые восходящим светилом, и стали выдавливать серую облачность, впуская, наконец-то, желанный свет на мою полянку. Однако вместо привычного уже образа козодоя перед моими глазами предстал какой-то... чертенёнок. Предрассветный дождь настолько вымочил неподвижно лежавшую птицу, что перья превратились в чёрные заострённые отростки, делая её ещё более страшной. Конечно, в ненастье особенно опасно оставить без обогрева яйца, поэтому мать стойко переносит эти тяготы, отдавая всё своё тепло кладке. К полудню солнце



высушило оперение наседки и она стала похожа на саму себя.

На появившийся перед ней скрадок птица не обращала никакого внимания, регулярно поворачивалась на кладке, переворачивая яйца для равномерного прогрева. А вот пролетевшая неподалёку длиннохвостая неясыть заставила «козодоиху» быстро слететь с гнезда и затаиться в густом ельнике. Она точно знала, что спастись от нападения этой грозной совы будет невозможно,

и поэтому решила заранее скрыться из виду.

Покинув гнездо, самка позволила разглядеть сами яйца. Если бы не знать, куда смотреть, то и не заметишь их. При детальном рассмотрении оказалось, что одно из них проклюнуто. Значит, сегодня я буду свидетелем вылупления птенца! Однако родительница отсутствовала недолго. Незаметно подлетев, она присела на коряжку, чтобы осмотреться, заодно демонстрируя себя. А лапки-то у неё совсем короткие! Их почти не видно, потому-то козодои очень неохотно ходят по земле — они скачут либо перелетают.

...День выдался погожим, солнечным — на радость неутомимым грибникам. Проводя часы фотографирования в скрадке, было забавно наблюдать за ними. «Волна за волной», грибники проходят по одним и тем же тропинкам, свято веря в то, что сегодня они здесь первые и все грибы будут их. Но близко ко мне они не подходили — в какой-то мере скрадок «отпугивал» сборщиков, оберегая тем самым гнездо козодоя от гибели.

Когда солнце двинулось в обратный путь к горизонту, таинство свершилось: «козодоиха» зашебурилась на кладке и стала суетиться. Удалив остатки раско-



ловшегося яйца, она явила моему взору комочек сероватого пуха. Ни глаз, ни клюва нельзя было разглядеть — это был просто пуховой шарик, но он... двигался! Дав шарику просохнуть, мать надёжно укрыла дитя своим перовым одеялом, и до самой темноты они не шелохнулись.

После вечернего «распева» самец объявился у гнезда и сменил наседку. К этому времени птенец окреп и довольно шустро «ползал» по травяной подстилке. Настало время интенсивного кормления, и родители принялись попеременно приносить корм. При свете фонарика было видно, как птенчик встаёт на пушистые лапки и тянется к клюву с едой. Тут были и комары, и мухи, и ночные бабочки — всё то, что с такой лёгкостью ловили на лету козодои. Я видел днём, какого размера зев у рта самки — в такой «раструб» наловить на кормёжку крупных насекомых совсем не трудно.

Рассвело. Самец продолжал согревать птенца. Второе яйцо лежало рядом и, конечно, уже остыло. «Видимо, это „болтун"», — подумал я с сожалением. На каком-то этапе насиживания эмбрион перестал развиваться. Ему не судьба была стать таинственной птицей, но зато у другого — все шансы впереди.

Фото автора.



Здравствуйте! Много лет покупаю и читаю «Науку и жизнь», рубрика об истории фамилий мне всегда очень интересна! Не могли бы вы прояснить происхождение фамилий Раскумандрин, Шурпатенко, Попов и Болбат? Дедушка, носивший фамилию Шурпатенко, родом из Белоруссии, город Барановичи.

*С уважением,
Раскумандрин Вагим.*

РАСКУМАНДРИН

Это вологодская фамилия. Встречается, но значительно реже, и в некоторых соседних северорусских регионах, куда, видимо, была привезена её представителями с малой родины в довольно позднее время.

Шутливое прозвище *Раскумандра*, вероятнее всего, связано со старой формой отмеченного в вологодских говорах глагола «раскуматься» — «разогреться (в бане), распариться». В вятских говорах в таком значении был отмечен глагол «раскуматься». Вот, например, цитата из одной из местных детских прибауток:

*Комаф нищит,
В баню дров тащит,
Комафиха затопила,
Мышка пафилась,
раскуманилась,
С полки брякнулась.*

По какой причине давали такое прозвище, можно толь-

ко гадать. Раскумандрой могли прозвать, например, флегматичного, неповоротливого или румяного, краснолицего человека и т. п.

ШУРПАТЕНКО

Прилагательное «шурпатель» в говорах жителей Западной Руси имело большое число значений, например, «шершавый», «шероховатый», «лохматый» и др. В этом случае прозвище *Шурпат* или *Шурпатель* указывало на внешность человека, например, на его лицо с веснушками или отметинами, оставшимися после перенесённой оспы, или на причёску постоянно кучерявого (в таком значении широко употреблялось слово «шурпа»), взъерошенного («шурпить» — «ерошить»), лохматого мужчины. Иносказательно это прозвище употреблялось и в значениях «упрямец» (в смоленских говорах глагол «шурпаться» ещё в начале XX века употреблялся в значении «ссориться») и «копуша» («Шоты там шурпаешься? Лягай уже спать»). Фамилия редкая, но известна и в Гомельской области.

ПОПОВ

Про фамилию **Попов**, входящую в пятёрку самых распространённых русских фамилий, можно написать целую книгу. Если же кратко, то её история выглядит так. Несомненно, чаще всего прозвание *Попов* получал сын приходского священника: поэтому большинство

Поповых действительно являются потомками православных священнослужителей. Название приходского священника «поп» восходит к греческому слову *парас* — «отец, батюшка», которое у христиан и закрепилось в качестве названия священнослужителя.

Попом могли прозвать и мирянина, то есть мужчину, не имевшего духовного сана. Такое прозвище в прошлом давали, например, очень набожному человеку, мужчине, любившему употреблять в речи слова из церковнославянского языка или имевшему привычку одеваться так, что он становился похож на священника, и даже просто обладателю большой бороды. А там, где в определённый период население по разным причинам не могло позволить себе содержать приходского священника, прозвище *Пол* могло напоминать о ещё одном факте биографии человека. Церковные службы здесь порой проводились попами, выбранными из числа наиболее подготовленных жителей. После появления настоящего священника за бывшим выборным попом могло сохраниться соответствующее прозвище.

Кстати, нельзя исключать и того, что иногда суеверные родители давали своим сыновьям имя *Пол* в качестве обычного мирского имени, например, чтобы отпугнуть от него нечистую силу. В древних грамотах упоминаются: в 1495 году — *Пол* Баландин, *Офонасей Пол* и *Сенка Пол*, новгородцы; в 1633-м — *Офонка* Ларионов,

прозвище *Пол*, юрьевский крестьянин (г. Юрьев-Польский — ныне районный центр Владимирской области); в 1684-м — *Михайло Пол*, станичник на Дону. Да и что говорить, если существовало мужское имя *Попадья*: *Василий Попадья*, московский отчинник, первая половина XVI века; *Марчко Попадья*, якутский служилый человек, 1652 г., и др. Думается, что чаще такое имя всё же было шутливым прозвищем.

Семейное прозвание **Поповы** уже с давних времён упоминается в грамотах практически всех русских земель: в 1522 году — *Иван Бильдюга Иванов сын Попов*, родом из Гороховца (нижегородские земли); в 1566-м — *Неведалко Попов*, житель города Свияжска; в 1584-м — *Коша Попов*, псковский дьяк; в 1588-м — *Замятня Игнатъев сын Попов*, поп в центральных землях Русского царства; в 1647-м — *Федот Колмогорец Алексеев Попов*, поморский купец-мореход, участник морского похода Семёна Дежнёва из Ледовитого океана в Тихий; в 1649-м — *Максим Попов*, казак Кропивнянского полка в войске Запорожском; в 1680-м — *Тимошко Попов*, кунгурский земский староста, и т. д.

БОЛБАТ

Прозвище *Болбат* образовано от глагола «болботать» — «бормотать, говорить невнятно»; «болтать, пустословить» и т. п. Соответственно, такое прозвище указывало на манеру чело-

века говорить или вообще на его чрезмерную склонность к этому занятию. Вообще, прозвища с этой основой были весьма разнообразными и сохранились, например, в таких фамилиях, как *Болбатов*, *Болботов*, *Болбат*, *Болматов*, *Болматов*, *Болбас*, *Болботун*, *Болбатун*, *Болботович*, *Болмаш*, *Болмосов* и т. п.

Объясните, пожалуйста, происхождение фамилии Куваев — автора романа «Территория». Хотя автор родом из вятских земель, слышится в фамилии что-то монголо-татарское.

С уважением, постоянные читатели раздела, в котором вы обстоятельно рассказываете о происхождении фамилий.

*Скачилова С. Я.
и Шилов В. П.*

КУВАЕВ

Фамилия действительно встречается у тюркских народов, например, у татар, башкир и узбеков, но единично. Поэтому у подавляющего большинства **Куваевых** монголо-татарскую основу в фамилии искать не имеет смысла. Тем более что, как показывают старинные документы, в вятских землях такое семейное прозвание у русских жителей встречается с давних времён. Например, в грамоте 1678 года записан Евтихейко Моисеев сын **Куваев**, крестьянин деревни Таборы, располагавшейся на берегах реки Камы; в грамоте 1683 года — *Васька*

Раздел ведёт
кандидат филологических
наук Владимир МАКСИМОВ,
директор Информационно-
исследовательского
центра
«История фамилии».

Куваев, житель старинного пермского города Чердыни (расположен в 250 км к северу от Перми).

В говорах жителей большого региона — от Олонца до Перми — ещё в начале XX века было отмечено употребление слова «кувай» в трёх значениях: «продолговатый ржаной хлеб» (записано в Олонецкой губернии), «нарыв» (пермское, уральское) и «глухонемой человек» (вологодское). Какое именно из значений лежит в основе имени или прозвища *Кувай*, полученного некогда родоначальником каждой семьи **Куваевых**, сегодня сложно сказать. О том, что любое из них могло использоваться в этом качестве, напоминают и бытовавшие на Руси в старину «родственные» мирские имена и прозвища *Калач* и *Кулебяка*, *Ожог* и *Синяк*, *Немой* и *Глухой* и т. п.: все они сохранились в основах современных фамилий. Интересно также, что около четверти представителей фамилии **Куваев** проживают в Вологодской области, а вообще эта фамилия характерна для жителей северных областей европейской части России, а также Южной Сибири, что, вероятнее всего, объясняется переселениями сюда в XVII—XX веках.

ТОНКАЯ НАСТРОЙКА ДЛЯ УСПЕШНОЙ РЕАКЦИИ

Современную химическую промышленность трудно представить без катализаторов — веществ, ускоряющих, да и попросту делающих возможными различные химические реакции. Катализаторами могут выступать как отдельные молекулы, так и целые поверхности различных материалов, например металлов. От площади поверхности катализатора и от того, какие физико-химические процессы на нём происходят, зависит его эффективность. Чем больше площадь «рабочей» поверхности катализатора, чем лучше на ней закрепляются молекулы реагирующих веществ, тем, как правило, он в целом лучше работает. В последнее время большой интерес вызывают катализаторы на основе наноматериалов, особенно наночастиц, состоящих из двух металлов. Наночастицы хорошо адсорбируют реагенты, а меняя

соотношение металлов в их составе, можно тонко «настраивать» их каталитическую активность. Один из способов создать эффективную биметаллическую наночастицу-катализатор заключается в том, чтобы сделать её двухслойной, когда ядро наночастицы состоит из одного металла, а оболочка — из другого.

В Сколтехе изучили, как меняется адсорбционная способность (то есть способность ловить и удерживать на своей поверхности молекулы реагентов) у наночастиц из пары металлов медь–золото. Каталитическая активность биметаллических наночастиц зависит не только от свойств поверхности. В случае двухслойных наночастиц на эту способность влияют перераспределение электрического заряда между ядром и оболочкой, появление размерного квантового эффекта и другие процессы.

В качестве адсорбируемых газов в работе исследователи выбрали монооксид углерода (угарного газа) и кислород. Каталитическая очистка промышленных технических газов от угарного газа — важная и распространённая на химическом производстве задача. Наночастицы меди подходят на роль катализатора реакций окисления и восстановления угарного газа, но со временем медь окисляется и каталитические свойства медных наночастиц ухудшаются. Чтобы этого избежать, в состав частиц добавляют золото, которое устойчиво к окислению. Но сделать медно-золотую наночастицу можно по-разному.

Сотрудники лаборатории дизайна материалов исследовали три вида наночастиц: с ядром из меди и оболочкой из золота, с ядром из золота и оболочкой из меди и наночастицы из сплава золота и меди. С помощью квантово-химических методов они рассчитали, как изменение распределения металлов между ядром и оболочкой может менять электронные свойства её поверхности. Эти изменения влияют на силу связывания между наночастицей и молекулой угарного газа, а посредством изменения поверхностного заряда

можно регулировать её адсорбционные свойства.

Для двухслойной наночастицы энергию связывания молекул газов с поверхностью, как оказалось, можно изменить в два раза по сравнению с частицей, состоящей из чистого металла. Таким образом, сотрудникам Сколтеха удалось показать, что тонкой настройкой «архитектуры» наночастиц можно контролировать работу катализатора. Выявленные фундаментальные закономерности планируют использовать

для разработки моделей искусственного интеллекта, способных предсказывать каталитические свойства биметаллических наночастиц при высокопроизводительном скрининге новых материалов.

Результаты работы опубликованы в журнале «Physical Review».

Татьяна ЗИМИНА.
По информации пресс-службы
Сколтеха.

ПЕПТИД МОРСКОЙ АНЕМОНЫ ПОМОЖЕТ ЛЕЧИТЬ ДИАБЕТ

Профилактике и лечению сахарного диабета уделяют много внимания, но препараты, предназначенные для поддержания хорошего самочувствия больных, далеко не всегда эффективны и нередко приводят к побочным явлениям.

Для лечения начальных стадий диабета перспективны ингибиторы α -амилазы — вещества, подавляющие её образование. Фермент α -амилаза, вырабатываемый поджелудочной железой, расщепляет молекулы полисахаридов и вызывает повышение уровня глюкозы в крови. Ингибирование α -амилазы даёт возможность регулировать поступление глюкозы в кровь. Лекарства с подобным действием существуют, но оказывают довольно слабый эффект и не очень то избирательны. Поиск более сильных подобных препаратов ведут среди природных пептидов.

Ранее сотрудники Тихоокеанского институ-

та биоорганической химии им. Г. Б. Елякова ДВО РАН (ТИБОХ) в яде морской анемоны *Heteractis magnifica* обнаружили пептидный ингибитор α -амилазы млекопитающих — магнификамид. Совместно с коллегами из Дальневосточного федерального университета они его выделили и расшифровали аминокислотную последовательность пептида. Чтобы оценить лекарственный потенциал магнификамида, исследователи получили его генно-инженерный аналог. Ингибирующее действие искусственного аналога пептида на α -амилазу, проверенное на ферменте свиньи, значительно превосходило действие двух широко применяемых лекарственных средств.

Теперь биологи ТИБОХ и Института биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН изучили, как генно-ин-

женерный аналог магнификамида связывается с α -амилазой человека, и испытали его действие на мышцах с искусственно вызванным диабетом. Эксперименты на животных подтвердили, что у соединения есть терапевтический потенциал: пептид эффективно замедлял переваривание крахмала и предотвращал повышение уровня глюкозы в крови. При этом токсического действия на испытываемых мышцах он не оказывал.

В ТИБОХ предположили, что ингибиторы α -амилазы могут быть в яде и других представителей отряда Actiniaria, продолжили поиск и обнаружили большое разнообразие подобных соединений в разных видах морских анемонов.

Результаты исследования опубликованы в журналах «Доклады Академии наук», «Biomedicine» и «Biomedicine & Pharmacotherapy».

Татьяна ЗИМИНА.
По информации пресс-службы ТИБОХ ДВО РАН.



Структура изученных наночастиц. Вверху слева — частицы с ядром из меди и оболочкой из золота, вверху справа — наночастицы из сплава золота и меди, внизу — частицы с ядром из золота и оболочкой из меди. (Жёлтые шары — атомы золота, оранжевые — атомы меди.)

Все видели, как бежит капля воды по горячей сковородке. Это эффект Лейденфроста, возникающий всегда, когда соседствуют горячая поверхность и капли — в технике такое встречается довольно часто. Например, в энергетических установках или при охлаждении горячих поверхностей потоком газа, несущего капли хладагента. Обычно говорят, что капля левитирует на паровой подушке, которую сама и создаёт. Однако ситуация сложнее. Под каплей действительно есть паровая подушка, и сила её давления направлена вверх, но по бокам каплю обтекает идущий в том же направлении конвективный поток смеси пара и атмосферного воздуха.

Сотрудники Национального исследовательского университета «МЭИ» изучили эффект Лейденфроста при нахождении капли не на плоской поверхности, а на тонкой перегретой проволоке. Они выяснили вклад различных факторов в левитацию и впервые показали, что этот эффект может иметь место не только на гладких струнах, но и на струнах с обмоткой.

В экспериментах капли воды покоились на двух горизонтально натянутых струнах. Диаметр струн 0,4 мм, материал — нихром, расстояние между осями струн 1 мм, нагрев происходит за счёт пропуска тока. Струны были с разной структурой поверхности — просто гладкие, обмотанные тонкой (0,1 мм) нихромовой проволокой виток к витку и обмотанные с шагом 0,1 мм. Для гладких проволок левитация капель наблюдалась в диапазоне температур 300—590°C, для проволок с намоткой — начиная с 420°C. Поскольку площадь контакта капли с горячей поверхностью в случае струн существенно меньше, чем при контакте с плоскостью, а эффект Лейденфроста наблюдается, то, по-видимому, имеет значение и обтекание капли конвекцией горячего пара и воздуха. Авторы считают, что без учёта конвекции обеспечивается только 60—70% необходимой подъёмной силы.

Артамонов А. В., Дмитриев А. С., Макаров П. Г. Эффект Лейденфроста на струнах. Письма в ЖТФ, 2023, вып. 18, с. 16.

В АТМОСФЕРУ И ОБРАТНО

Мы привыкли считать, что метеорит — это прилетевший из космоса кусок вещества, который по дороге через атмосферу разогрелся до свечения (стал метеором), а затем (если уцелел) упал на Землю. Реальность разнообразнее. Например, маленькие пылинки тормозятся почти не нагреваясь, поэтому сохраняют свой состав, в том числе и органические молекулы, если они там были. Это к вопросу о панспермии, заносу жизни из космоса. Но и с телами ощутимых размеров всё не просто. Иногда они берут и возвращаются обратно в космос.

Сотрудники Института автоматизации проектирования РАН построили модель движения пришельца в атмосфере с учётом его аэродинамики, нагрева, испарения, изменения массы и площади поверхности, возможного разрушения, а также изменения плотности атмосферы с высотой. Оказалось, что при малых углах между поверхностью планеты и направлением полёта, то есть при входе по

касательной, возможно отражение с уходом визитёра обратно в космос, критический угол составляет около 10°. Если считать, что все направления влёта равновероятны, то получается, что атмосфера отражает 10/90, то есть 11% гостей. Такие случаи действительно бывали, например, 10 августа 1972 года американскими спутниками был зарегистрирован пролёт сквозь атмосферу яркого болида. Наблюдали его и с Земли. Бolid пролетел в атмосфере 1500 км, были слышны громовые звуки. Расчёты показали, что возможна и более хитрая ситуация — отражение с последующим возвратом и всё-таки падением на Землю.

Кстати, на месте Тунгусского события так ничего и не обнаружили, зато нашли какое-то странное круглое озеро в восьми километрах.

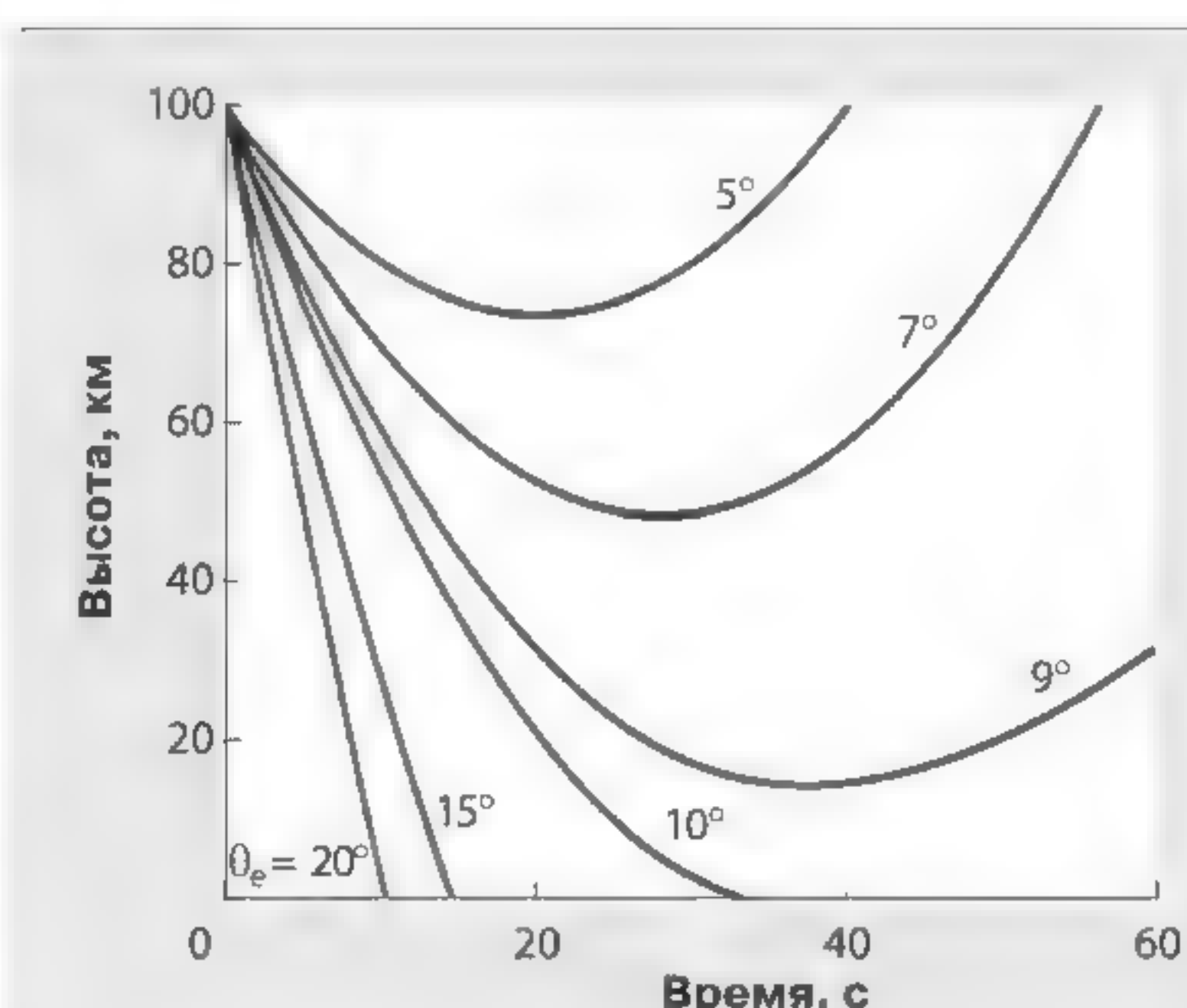
Сызранова Н. Г., Андрущенко В. А. Численное исследование нестандартных траекторий космических тел, вторгнувшихся в атмосферу Земли. Теплофизика высоких температур, 2023, № 2, с. 279.

СМАЗАЛИ И ПРИЖАЛИ

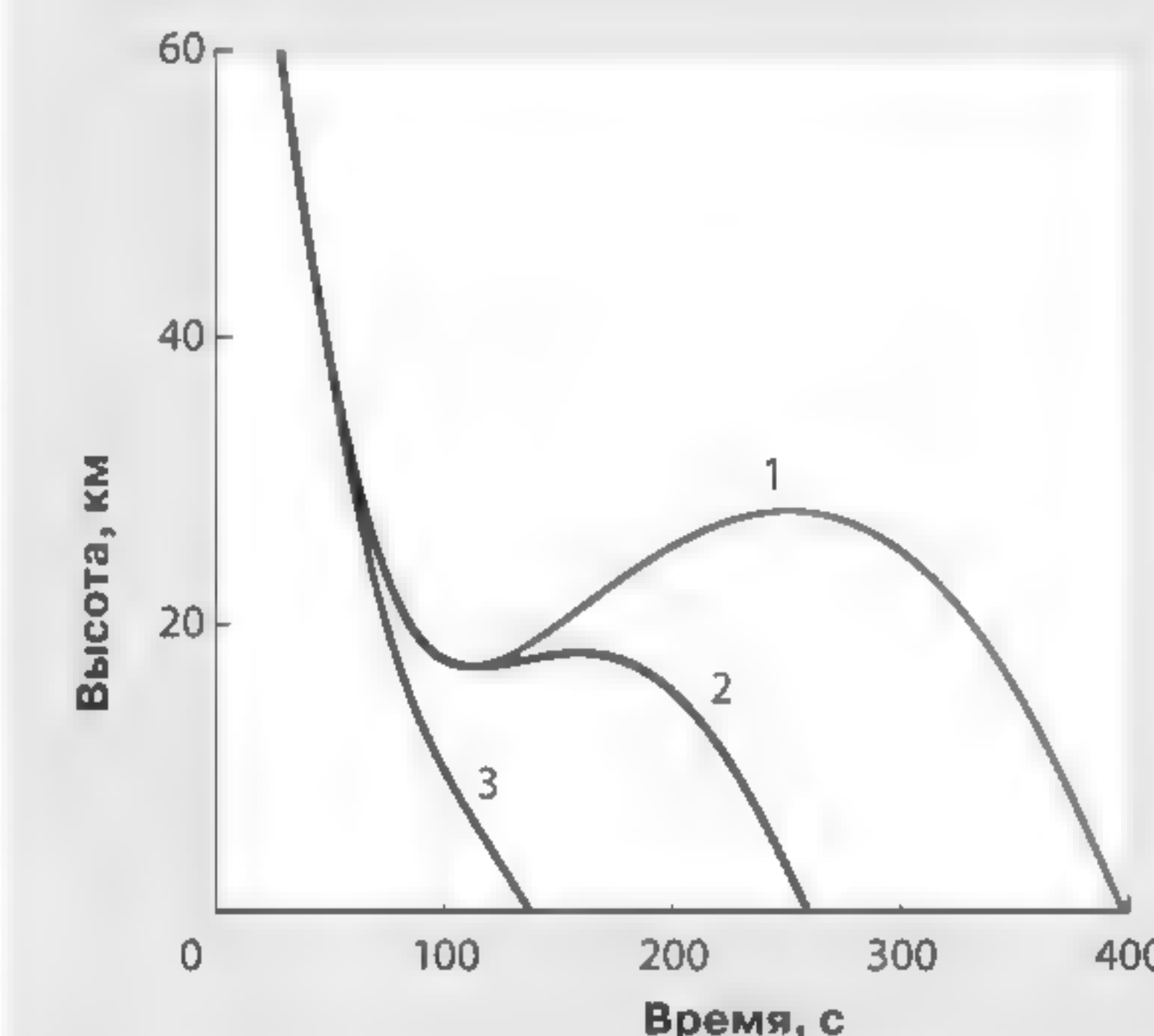
Есть много способов соединить две детали, один из них — склеить. Именно его мы используем чаще всего в быту, даже не подозревая о массовом применении в микроэлектронной технике. Это приклеивание приборов к платам, установка чипов в корпус, сборка микромеханических приборов. Преимущества склейки — дешевизна, простота, не надо прикладывать к деталям большие усилия (холодная сварка) и сильно нагревать (пайка, сварка). Но нет добра без худа, то есть без возникновения проблем. Например, из клея в процессе эксплуатации выделяются летучие соединения, которые могут разрушать токопроводящие дорожки. Подобное особенно важно в вакуумных электронных и электронно-механических приборах, внутри корпуса которых нужен вакуум не хуже 10^{-6} мм рт. ст. для предотвращения газового трения и сохранения высокой добротности кварцевых резонаторов. В приборе объёмом 100 см³, при площади клеевых швов 1 мм² такой вакуум сохранится в течение 15 лет, если газовыделение будет менее 10^{-15} кг/см², то есть очень малым. Кстати, склейка используется при сборке гравитационных антенн, работающих в высоком вакууме (10^{-10} мм рт. ст.).

На преодоление проблем, связанных с применением клеев в вакуумных устройствах, было направлено масштабное исследование, проведённое сотрудниками МГУ и ВНИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций. Приведено значительное количество данных для клеев различных типов по механическим свойствам клеевых соединений, газовыделению из них (анализировалось 12 компонентов), поглощению различных газов геттерами (газопоглотителями) и предложен метод расчёта остаточной атмосферы в вакуумных приборах в течение 10—15 лет. Кроме того, рассмотрено внутреннее трение в клеевых слоях, в том числе объёмное и термоупругое — последнее надо учитывать, если есть элементы, которые совершают изгибные колебания.

Результаты исследования полезны инженерам, работающим в области микроэлектронной техники, а вопрос внутреннего



Пример зависимости высоты полёта от времени при разных углах входа тела в атмосферу без испарения и разрушения.



Пример зависимости высоты полёта от времени при угле входа тела в атмосферу 7°. На рисунке: 1 — траектория с отражением и последующим падением на Землю неразрушившегося тела; 2 и 3 — траектории полёта при меньшей и большей степени разрушения.

Рисунки из реферируемой статьи.

трения изложен так, что может эффективно использоваться в преподавании.

Лунин Б. С., Захарян Р. А., Крейсберг В. А. Применение клеев для сборки вакуумных электронных и электромеханических приборов. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС, 2023.

Подготовил Леонид АШКИНАЗИ.



ЗАПОВЕДНИК: ОСТРОВ В МОРЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Николай ЕСКИН,
заместитель директора по научной работе Кавказского государственного
природного биосферного заповедника имени Х. Г. Шапошникова.

Беседу ведёт Наталия Лескова.

— Николай Борисович, какую роль научная работа играет в жизни вашего заповедника? Насколько она важна?

— Заповедник представлен в двух ипостасях. Это особая охраняемая природная территория — горы, леса, реки, птицы, звери, которые здесь обитают. И одновременно заповедник — организация, которая управляет природной территорией. Таким образом, заповедник — сложная система,

в которой взаимодействуют природа и люди. Научная работа и научный отдел в жизни этой системы обеспечивает обратную связь: система управляется, за её «здоровьем» надо следить.

— Что это значит?

— Мы фиксируем изменения в абиотических компонентах, в составе и структуре биоты, анализируем, выясняем возможные причины таких изменений, оказываем

определённое влияние на регулирующие хозяйственные воздействия, которые производит наша страна на этот «остров природы». Что касается учреждения, научный отдел — одна из основных его частей.

— Что именно входит в круг обязанностей научных работников заповедника?

— Наша задача — изучение и мониторинг заповедных природных комплексов и экосистем, их отдельных компонентов. Очень трудно выделить какое-то одно направление. Сохранение биоразнообразия — главная функция заповедников. В данном контексте обычно говорят о зоологии крупных млекопитающих, но не менее важна геоботаника, фитоценология. Геоботаники научного отдела за последние тридцать лет изучали ряд проблем, связанных с сохранением биоразнообразия: это проблемы формирования растительных сообществ, выпадения

видов, заселения новыми видами, взаимоотношения между этими процессами, а также закономерности, по которым это происходит. Изучали особенности наших территорий и приходили к выводам, на основании которых можно производить регулирующие воздействия. Параллельно получали результаты как в фундаментальной науке, так и в прикладной.

— К каким выводам приходите?

— Флора сосудистых растений нашего заповедника насчитывает более 2500 видов. Из них свыше 800 видов — лесная флора, остальное — флора высокогорных лугов и специфических мест обитания, таких как водоёмы, приречные места обитания, лесные поляны, осыпи и др. Замечено, что состав флоры на различных массивах на территории заповедника разнится, видовое богатство отличается: есть, например, участки с очень высокими показателями видового разнообразия, где на определённой площади встречается много видов, а есть с низкими. Есть общая флора, а есть частная...

— Почему она частная?

— Есть региональная флора, обитающая в нашем регионе, на Северо-Западном Кавказе, а есть флора некоего участка, который мы искусственно ограничиваем довольно условными естественными рубежами. Например, ограничиваем высокогорные луга верхней границей леса. Берём гору, которая сверху покрыта травянистой растительностью, потом она опускается верхним пределом леса, лес переходит в хвойный лес, хвойный — в лиственный и т. д. Мы берём только высокогорную

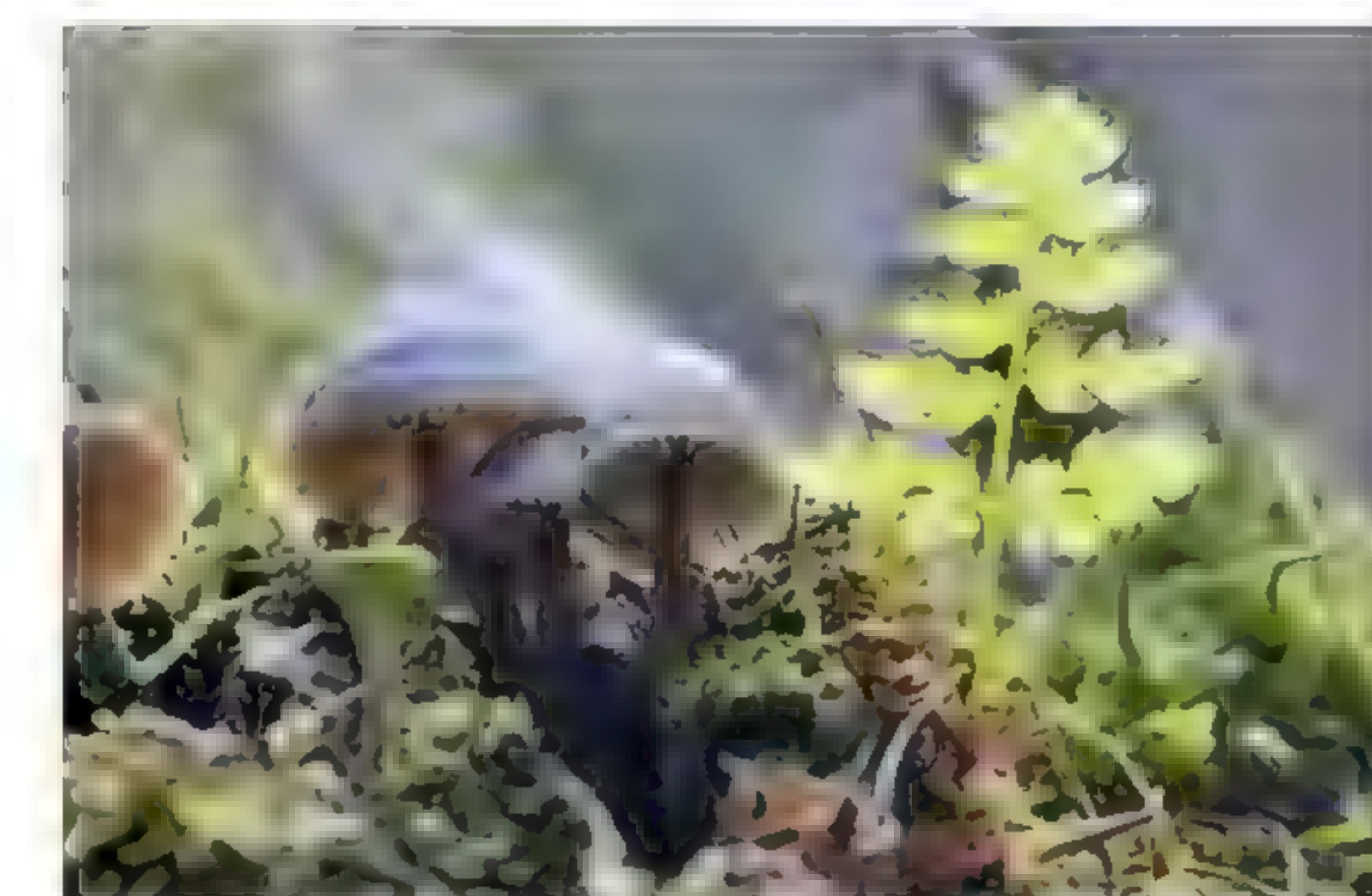


Фото Сергея Третьяка

травянистую часть, исключая вечные снега и льды. Изучаем флору этой горы: это и есть частная флора. Таким образом, мы составляем список видов, обитающих на конкретных участках, значительно меньших, чем регион. Такая частная флора, как правило, беднее региональной, и одна частная флора отличается от другой.

Этих участков в заповеднике несколько. Они друг от друга относительно изолированы окружающей лесной растительностью. У нас по существу острова высокогорий в море лесной растительности. Изучается флора этих островов, отношение этих флор к общей флоре региона, выясняется специфика, почему эти флоры такие, что их ждёт впереди, каково ожидаемое развитие в случае, если люди вмешиваются, ведут хозяйственную деятельность.

— **Вы сказали, что разные участки имеют разное видовое разнообразие. Почему?**

— Тут масса факторов. Например, подавление доминантов. Биологическая наука говорит о том, что каждое растительное сообщество образуется, проходит определённую эволюцию и превращается в так называемое климаксовое раститель-

ное сообщество, достигшее равновесия с окружающей средой. Оптимальным образом там совмещены и число видов растений, и их состав, все экологические ниши заполнены. Это устойчивое состояние очень прочно: в идеальной системе оно должно существовать вечно. Все наши леса в Кавказском заповеднике, например, в идеале должны со временем превратиться в букопихтарники с определённым составом и структурой.

— **Почему так должно произойти?**

— Это эволюционный результат. В тех условиях, которые сейчас существуют, букопихтарник — конечное климаксовое сообщество, к которому «стремятся» все наши лесные растительные сообщества. Но идеальной системы нет — всё время что-то меняется; существуют нарушения: выпас скота — скотина прошла, сбила почву, съела растения; таким образом освобождается место для заселения другими видами. То же самое — леса: например, прошла лавина, снесла лес, на этом месте развиваются растительные сообщества, которые, если им дать лет 50—100, превратятся в ровно то же самое, что было до лавины. Или наводнения, по-



Николай Борисович
Ескин.

Фото из личного архива Н. Б. Ескина



Фото Сергея Тренета

жары — различные нарушения природного характера. Мы видим, что климат — тоже непостоянная вещь. Прямо сейчас мы с вами очевидцы изменения климата с заметной скоростью.

— **Вы это замечаете на своих растениях, животных?**

— К счастью, ещё нет, но мы делаем и метеорологические измерения, меряем целую серию различных параметров: температуру — среднегодовую, среднесуточную, минимальную, максимальную; мощность и уровень слоя осадков — по годам, месяцам, кварталам. Работает метеорологическая станция, которая снимает все эти показания, — мы можем их комбинировать.

В позапрошлом году у нас была конференция, мы подготовили серию докладов, посвящённых изменению климата и ответу биотического компонента нашего заповедника. Мы приходим к выводу, что пока ничего внятного тут сказать не можем, за одним исключением — есть

чёткая тенденция к повышению верхнего предела леса.

— **Лес растёт всё выше?**

— Да, площадь субальпийских и альпийских лугов теоретически должна сокращаться. Конечно, сейчас тенденция только наметилась. Не факт, что она связана с изменением климата. Возможно, это связано с какими-то флуктуациями, например — несколько лет стоят мягкие зимы, а потом несколько лет — жёсткие. Следом — формирование лавин, мощного снега, который уничтожит подрост пихты, выросший среди берёзового криволесья. Берёзы выдерживают давление снега, они просто ложатся на грунт, а пихты ломаются.

— **Главная задача заповедника, как вы уже сказали, сохранение биоразнообразия. Есть ли здесь сложности, связанные с антропогенным воздействием?**

— По сравнению с остальной территорией, конечно, такие воздействия



Фото Сергея Третьякова

ляций основных растений и животных. Они расселяются вокруг, мы ими пользуемся. Гарантом существования заповедника является государство.

Во время социально-экономического кризиса 1990-х годов был разгул браконьерства, бесхозяйственности, мы очень много потеряли. В частности, из популяции зубров, составлявшей 1300 особей, осталось 137. Они исчезли за десять лет.

Потом в России начали налаживать законодательство, восстанавливать охрану заповедников, но изменилась парадигма — теперь государству надо было думать о ресурсах, ему надо было развиваться. Причём, мне кажется, процветал не государственный, а ведомственный подход — ведомства, спекулируя необходимостью развития, требовали от правительства разного рода послаблений. В этой обстановке основным заинтересованным в сохранении природы лицом оказалось не государство, не крупные ведомства и Минприроды, а общественность, люди, население, которому важна и дорога дикая природа. Если бы не общественность, в 90-х годах от нашего заповедника трети уже бы не стало.

— Каким образом люди могут воздействовать на ситуацию? Что это за люди?

минимизированы, но сейчас антропогенные моменты нарастают. Дело в том, что заповедник превращается в остров. Это явление называется фрагментацией. Наша дикая природа всё более окружается не диким пространством, а результатами деятельности человека: дороги, посёлки, города. Они пока не могут препятствовать, например, обмену диаспорами между видами растений, но движению, например, крупных копытных, очевидно, могут. Пугают, мешают, светят фарами. Люди хотят ходить в заповедник — многим нравится дикая природа. Мы с этим боремся, не разрешаем. Но дело в том, что неразрешению посте-

пенно приходит конец — идёт смена парадигмы.

— А какая парадигма приходит на смену старой?

— Наша старая парадигма, при которой заповедник появился, — это природа ради природы. Мы сохраняем природу в максимально естественном состоянии, не используем в хозяйстве, только охраняем и изучаем. Заповедник рассматривался в СССР именно так — рефугиум, убежище, где природные комплексы остаются в своём естественном состоянии, где сохраняется течение природных процессов. Нередко это центры видо- и морфообразования, сохранения и размножения попу-





— Это общественные организации, «зелёные», научная общественность. Они организовывали людей на сопротивление этим процессам, и очень много плохого не случилось только благодаря этому сопротивлению. Но чтобы общественность поддерживала заповедное движение, необходимо было ей показывать, во имя чего мы боремся. В то время текли взаимоисключающие процессы: с одной стороны, мы запрещали, и за эти запреты нас, мягко говоря, не любили — мы не разрешали, не пускали, не давали людям общаться с любимой ими природой. С другой — просили защитить и помочь.

Чтобы снять это противоречие, в 2011-м году на Всероссийском совещании директоров заповедников тогда нашим руководителем Всеволодом Борисовичем Степанищевым был, по сути, провозглашён курс на познавательный

туризм и экологическое просвещение. Это должно было стать инструментом, позволяющим общественности знакомиться с тем, что они охраняют, — тем самым мы формировали гигантский пул людей, выступающих за идею охраны природы. Это была совершенно правильная политика, но для этого требовалось отдать часть ресурсов — часть территории заповедников необходимо было вовлечь в этот туризм.

— А до этого ваш заповедник не был туристическим?

— Как раз у нас такой опыт был. Можно сказать, мы к нему вернулись. У нас с 1930-х годов по туристическим маршрутам ходили красноармейцы, комсомольцы, пионеры, трудящаяся молодёжь. Отчёты у нас хранятся до сих пор — сколько человек прошло, сколько было охвачено пролетарским просвещением.

Сейчас всё это стало особенно востребовано — мы физически ощущаем давление туризма извне. Поэтому парадигма снова меняется — мы опять стали сдерживать туризм. Это меня очень радует, не потому, что я не хочу ничего давать, — просто нельзя развивать туризм бесконечно. Ресурсы и компенсаторный природный потенциал заповедника ограничены.

— Чем заповедник принципиально отличается от других территорий?

— Заповедник — эволюционно сформированная территория, она наполнена видами, биологическими сообществами. Сообщества эти древние, по существу девственные. Они очень устойчивы, не позволяют чужеродным видам вторгаться, не дают им возможности распространения. Настолько там высокая конкуренция между растениями, животными, что чужеродные виды просто не выдерживают.

— Значит, в заповедниках чужеродных видов нет?

— Они есть, только чужеродных видов растений больше 70 видов, но они не развиваются самопроизвольно, они попадают туда, куда их приносит человек. Недавно я на одной из конференций слушал выступление нашего научного сотрудника, доктора биологических наук, профессора Валерия Владимировича Акатова. Он изу-

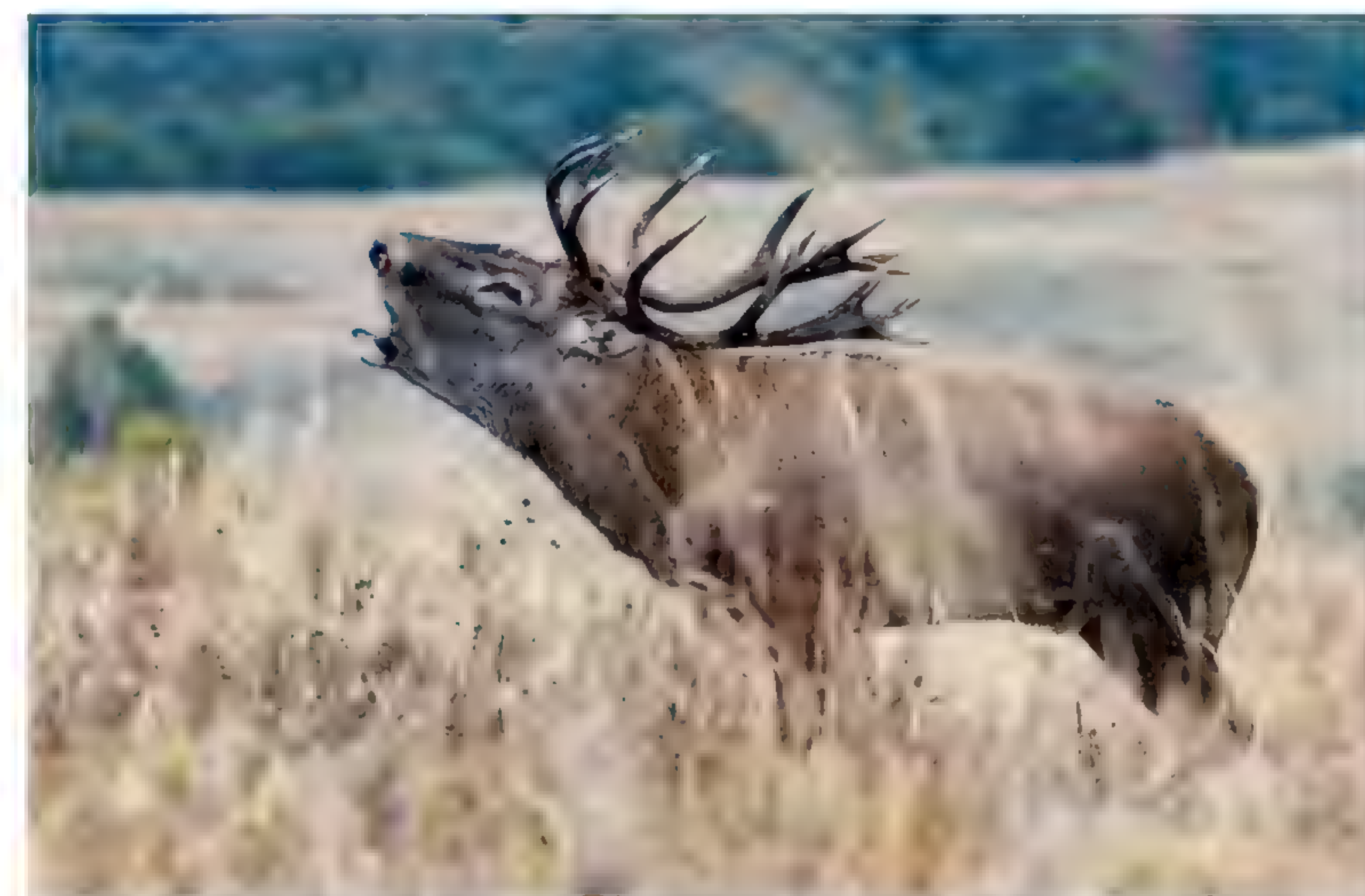




Фото Сергея Тренета (2)

чал взаимоотношения между местными доминантными и чужеродными видами, которые по своей природе проявляют себя доминантными. Выясняется, что в редких случаях чужеродным видам удаётся достичь доминирования. Это 2% случаев, и то при стечении редких, способствующих этому обстоятельств.

— **Какие виды вы считаете самыми ценными?**

— Традиционно — виды, занесённые в Красную книгу. Но я позволю себе сказать, что самые ценные — это те, которые оказывают влияние на местное сообщество и природные условия, формируют их. Из древесных видов самые ценные

для нас — пихта Нордманна, бук восточный — главные лесообразующие породы; берёза Литвинова, несколько видов сосен, клёнов, ряд широколиственных видов, рододендроны — кавказский, понтийский, азалия. Травянистые виды — абсолютное большинство. Конечно, как украшение, — редкие и исчезающие виды, такие как кандык кавказский, лилии, орхидные, представители третичной флоры вроде тиса ягодного, самшит колхидский, иглица колхидская, лавровишня и многие другие.

— **А среди животных?**

— Тут есть один момент: даже наши фоновые животные становятся редкими, и их мало где можно найти. Особенно это касается кавказского подвида благородного оленя — он не обитает практически нигде, кроме как на Кавказе. Его выбили везде.

— **Зато, знаю, вы возродили популяцию зубров.**

— Это единственный в мире успешный эксперимент по ингабитации, или реаклиматизации животного в естественную природную среду. Великое дело.

— **А сейчас вы собираетесь леопарда возродить.**

— Уже начали возрождать. Но пока дела идут без особого успеха. Очень

тяжело идти против законов биологии. Есть представление о жизнеспособности популяции. Популяция должна иметь численность, которая исключает её гибель в случае каких-то экстраординарных явлений и обеспечивает необходимое число контактов между особями. С леопардом то же самое: для того, чтобы была жизнеспособная популяция, — их надо гораздо больше.

— **Сколько?**

— Если бы мы знали. Они же расходятся, у нас нет огороженного пространства. Как выяснилось, они вообще живут вопреки нашим представлениям о том, как они должны жить у нас. Мы все, в том числе те, кто разрабатывал этот проект, предполагали, что леопарды питаются высокогорными копытными, они жители высокогорий, камней, скал. Либо среднегорий, но пересечённых скалистыми урочищами открытых пространств, чередующихся с лесами. Их излюбленное питание в естественной среде — это кабаны, косули, олени, туры и прочие. Готовя и подбирая места для выпуска леопардов, мы ориентировались на это.

Но выясняется, что излюбленное место обитания — нижнегорья, лесопольной ландшафт Прикубанской низменности в Краснодарском и частично — в Ставропольском краях.

— **Это заповедная территория?**

— Нет. Там активно живут люди.

— **И вдруг приходит леопард...**

— К счастью, леопарды не показываются на глаза, но следы их пребывания очевидны. Им понравилось обитать там. В частности, один из выпущенных леопардов в течение зимы проживал в трёх километрах от Майкопа. Мы знаем это благодаря тому, что на нём исправно работал спутниковый ошейник. Чем питался? Мы думали, он добудет крупную жертву и какое-то время станет держаться возле неё, пока будет ею питаться, создавая так называемый кластер. Это когда ты смотришь на трек животного, передаваемый спутниковым ошейником, и видишь, что зверь сегодня был здесь, завтра — там, затем несколько дней держался в одном и том же месте, создавая этот самый кластер, и ещё через день — ушёл в совсем другое место.

Мы отправляем полевую группу учёных в район кластера, она обследует местность, находит, как правило, то, что леопард ел, — остатки какого-нибудь оленя или тура. Такие кластеры были нечастыми — в основном они ели другую дичь: енотов, лис, шакалов, собак, волков.

— **Лёгкий перекус?**

— Да, мелкую, легко добываемую живность. Птичками не брезговали. Выходит, живут они не там, где мы рассчитывали, едят не то, что мы думали. У нас было два случая гибели самок леопардов от голода в условиях, когда они жили среди туров и серн: они не могли их добыть.

— **Почему? Не умеют?**

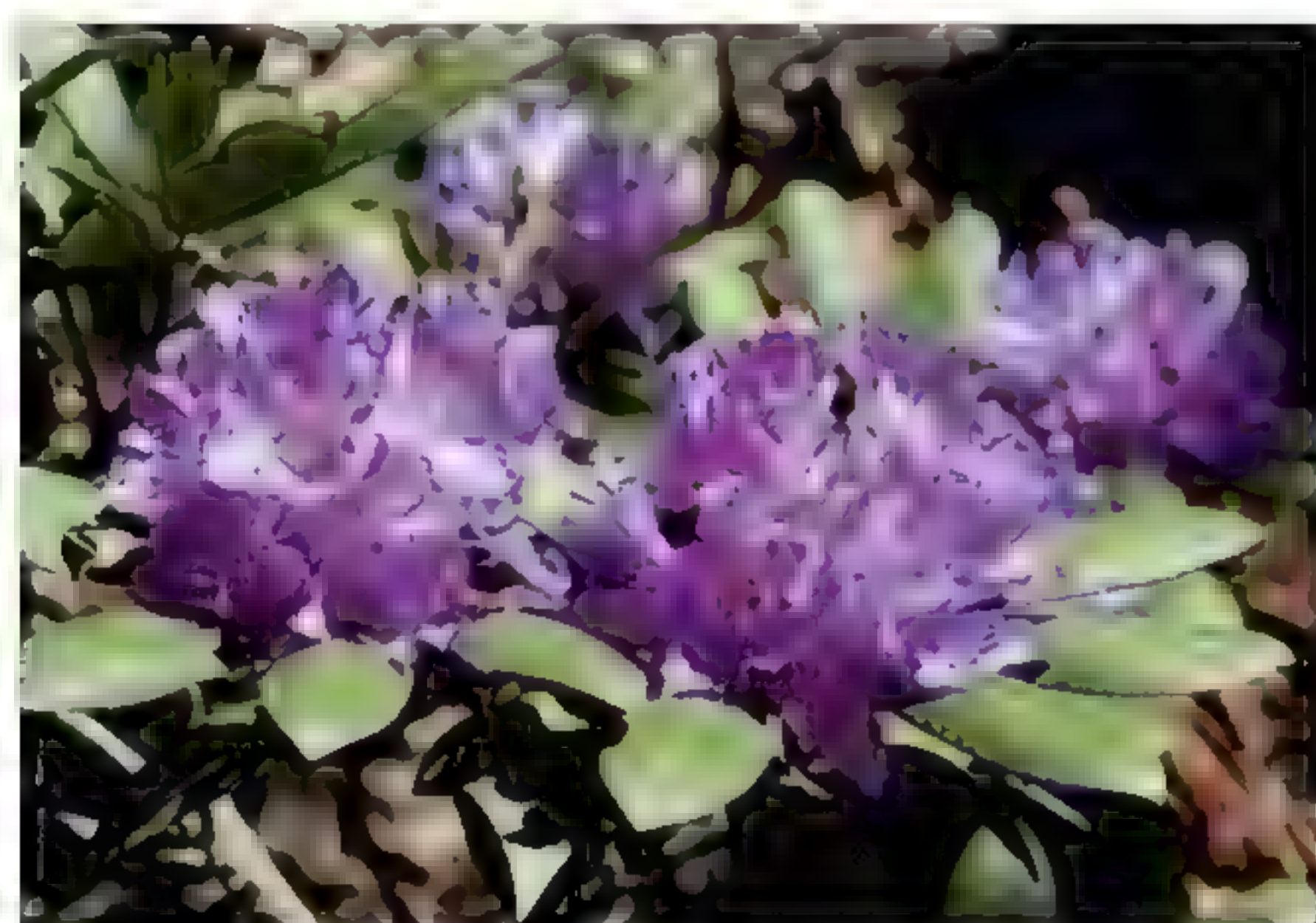
— Похоже, что да. Не соответствуют надлежащей весовой категории — это и есть «не умеют». Тур — зверь массой до 150 килограммов, а леопардица весит 49. Попробуй, поймай такого.

— **А подкармливать вы их не могли?**

— Нет, они абсолютно дикие. Мы им не можем помогать, только наблюдать. В итоге мы из выпущенных леопардов потеряли двух самок, и на настоящий момент у нас где-то, неизвестно где, живут три самца



Фото Татьяны Лещинской



и одна самка. Систематический контроль за ними утрачен, сбор следов данных об их существовании очень трудоёмкий.

— **А как вы эти данные собираете?**

— Вот один из примеров, как мы собираем данные о леопардах: местные жители прислали письмо с описанием и фотографиями следов. Мы выехали на место. К сожалению, это оказался не леопард, а крупная рысь. Люди часто нам пишут, хотят помочь. Мы распространяли листовки, писали в газеты, проводили обучение в регионах. Календарики выпускали сотнями. Но на данный момент получается, что потомства у леопардов нет — и это самое печальное.

— **А может, есть? Вы же говорили, там самка и три самца.**

— Я не уверен, что они нашли друг друга. Мы вообще ничего о них сейчас не знаем. Это звери, которые очень дорогого стоят: для их выращивания была построена целая инфраструктура — комплекс крупных вольер, дорога и линия электропередачи к комплексу, где находится центр разведения леопардов.

— **Они там сейчас живут?**

— Да, но там же разведение в полуволевых условиях. Это, по существу, роддом и школа. Леопардов покупают, меняют или берут для размножения в зоопарках из неволи, селят в этом центре. У них появляется потомство, которое у родителей изымают и в специальных вольерах усилиями людей тренируют, готовят к жизни на воле — обучают навыкам охоты, всё снимают на видео. Всё окружено видеокameraми, включая логово, чтобы не было неконтролируемых человеком ситуаций. Для обучения охоте покупают зайцев, косуль, оленей. Молодых леопардов натаскивают, затем целая учёная комиссия смотрит видеозаписи охот, как ведут себя леопарды, и делает выводы о готовности или неготовности выпуска в природу.

— **Значит, они были готовы. Почему же погибли?**

— Мы плохо знаем зверей. Моё мнение, почему погибли эти самки: между родителями животных и детьми очень сильные связи. Не только у леопардов, но вообще у всех. Как у людей. Только у нас они более



Фото Александра Первозова

интеллектуальные, более социальные. Тем не менее обучение жизни происходят у зверей аналогично — их родители учат.

— **Человек зверя не может научить жизни в дикой природе?**

— Правильно жить могут научить только родители, которые имеют жизненный опыт. В частности, выяснилось, что у молодых леопардов с матерями связь сохраняется до трёх лет их жизни на воле. Матери, охотясь, убивают жертву и оставляют её детям. Если дети не могут ничего добыть, они знают, что где-то есть еда. Они посредством запахов и меток друг с другом общаются.

А здесь мы животное 40 кг весом и полтора-два года от роду выпускаем в незнакомую, дикую природу. Что оно сможет добыть? Возможно, звери пребывали в

стрессе и от этого полноценно не могли охотиться.

Мы в принципе плохо знаем зверей. Моё мнение — если бы я был в состоянии это сделать, я бы полностью изменил подходы к натуралистическим исследованиям. Мы сейчас ориентируемся на квадрокоптеры, ловушки, рассчитываем по всяким формулам, сколько зверей должно быть...

— **То есть ориентируетесь на науку?**

— Рациональная наука, лишённая интуиции, мертва.

— **А как тут можно использовать интуицию?**

— Для того чтобы использовать понимание, необходимо жить в природе. Для этого нужен натурализм. Человек должен жить в лесу, на природе по несколько дней,

смотреть за своими зверями, изучать свои растения. Десять дней на учёте животных дают очень много в понимании, как организована их жизнь. А если так лет пять добросовестно прожить и поработать, то поймёшь очень многое. Вот, например, нам ставили задачу разобраться, почему в одном известном месте так много медведей и как с ними бороться.

— **А с ними надо бороться?**

— Если они ходят там, где люди живут, и там их видимо-невидимо, ночью не выйдешь в туалет, — то, наверное, надо принимать меры. Поехали разбираться, стали ходить кругами, выбрали момент, когда сильный ливень прошёл, смыл все следы. И спустя ровно сутки мы пришли обследовать место. У нас получилось изучение суточного хода. Мы обошли все



окрестности, находили медвежьи следы, их измеряли, поняли, какие особи, сколько их, какие они по размеру, потом потропили по следам. В конечном счёте следы эти привели на помойку. А на помойке там видимо-невидимо этих следов. Мешки, кульки, прошедшие пищеварительный медвежий тракт вперемежку со всякими пищевыми человеческими отходами и желудями... Ясное дело, что на помойке вкусно, несмотря на то, что там сыпят хлорку, мусор сжигают и т. д. Помойку ликвидировали — не помогло, всё равно ходят.

— **Куда же они ходят? Помойку-то ликвидировали.**

— Они, наверное, не могли в это поверить, потому что где люди — там помойка. Только через годы ситуация нормализовалась. Теперь мы знаем чуть ли не в лицо каждого медведя, и те медведи, которые ходили на помойку, либо ушли, либо погибли. Но их дети продолжают туда ходить, потому что их родители научили этому. В общем, можно понять очень многое, как живут и как относятся друг к другу звери, если жить рядом с ними. Для этого надо

Кадры из фотоловушек.

быть в природе, а не только запускать квадрокоптеры.

— **А квадрокоптеры не надо запускать?**

— Надо. Но надо понимать, какие цели ты преследуешь. Если ты хочешь статистическим методом исследовать большие даты — это чудесно. Фотоловушки — вообще прорывная вещь.

— **Расскажите!**

— Они полностью изменили моё представление, например, о рыси. Я думал, что рысь — редкое животное. В заповеднике у нас, судя по публикациям, написанным нашими великими предшественниками, на данный момент их обитает максимум 50—70 особей. Но оказалось, что рысь — постоянный клиент фотоловушек, и рысей много. Думаю, до 200 сейчас. То же самое касается свиньи. Весь кабан вымер в африканскую чуму свиней в 2013 году, лес вонял трупами. После этого произошёл рост численности медведя, потому что медведь получил, во-первых, весь пищевой ресурс, который съедал кабан, во-



вторых, дополнительный пищевой ресурс в виде погибших свиней.

Так вот, некоторое время мы считали, что свиней у нас нет. Как мы можем оценить, есть они или нет? Мы можем увидеть следы и самих свиней. Я смотрю — кое-где они появлялись. Потом, когда мы стали ставить фотоловушки, смогли фиксировать не просто следы: мы чётко знали, что это гурт свиней, что там было столько-то поросят, самок, они прошли вот туда, кормились так. Состав мы знаем, частоту появления под этой конкретной грушей.

— **Значит, те вымерли, но появились новые?**

— Да! Есть статьи в нашей и зарубежной печати, которые позволяют статистическим образом обрабатывать данные фотоловушек. Мы сделали первые опыты обработки этих фотоловушек именно в отношении дикого кабана. Получили данные, которые по нашим интуитивным представлениям как раз соответствуют тому, что реально есть. Сейчас кабан — постоянный представитель нашего заповедника.

А ещё мы на фотоловушках фиксируем, например, лесного кота. Краснокнижный кавказский лесной кот — очень редкое, скрытное животное. Их тоже оказалось изрядно. Мы фиксируем множество мелких животных, волков, лис.

— **А бывает, что вы фиксируете кого-то неожиданного?**

— Да, например, монаха. В чёрном облачении, с вещмешком. По лесу идёт, лица не видно. Попался на фотоловушку.

— **Снежных людей не фиксировали?**

— Нет. Но фиксировали большую чёрную пёструю цаплю. Птиц редких видов. В общем, фотоловушка — это твой глаз, когда тебя нет. Ты с её помощью можешь увидеть то, чего не видишь обычным зрением. Можешь понимать, например, оленя. Я считал, что на Лагонаках оленя нет. Последнее время постоянно присылают с фотоловушек фотографии, где чётко виден прекрасный самец оленя. Правда, он не ревет почему-то, мы только следы видим.

— **А должен реветь?**

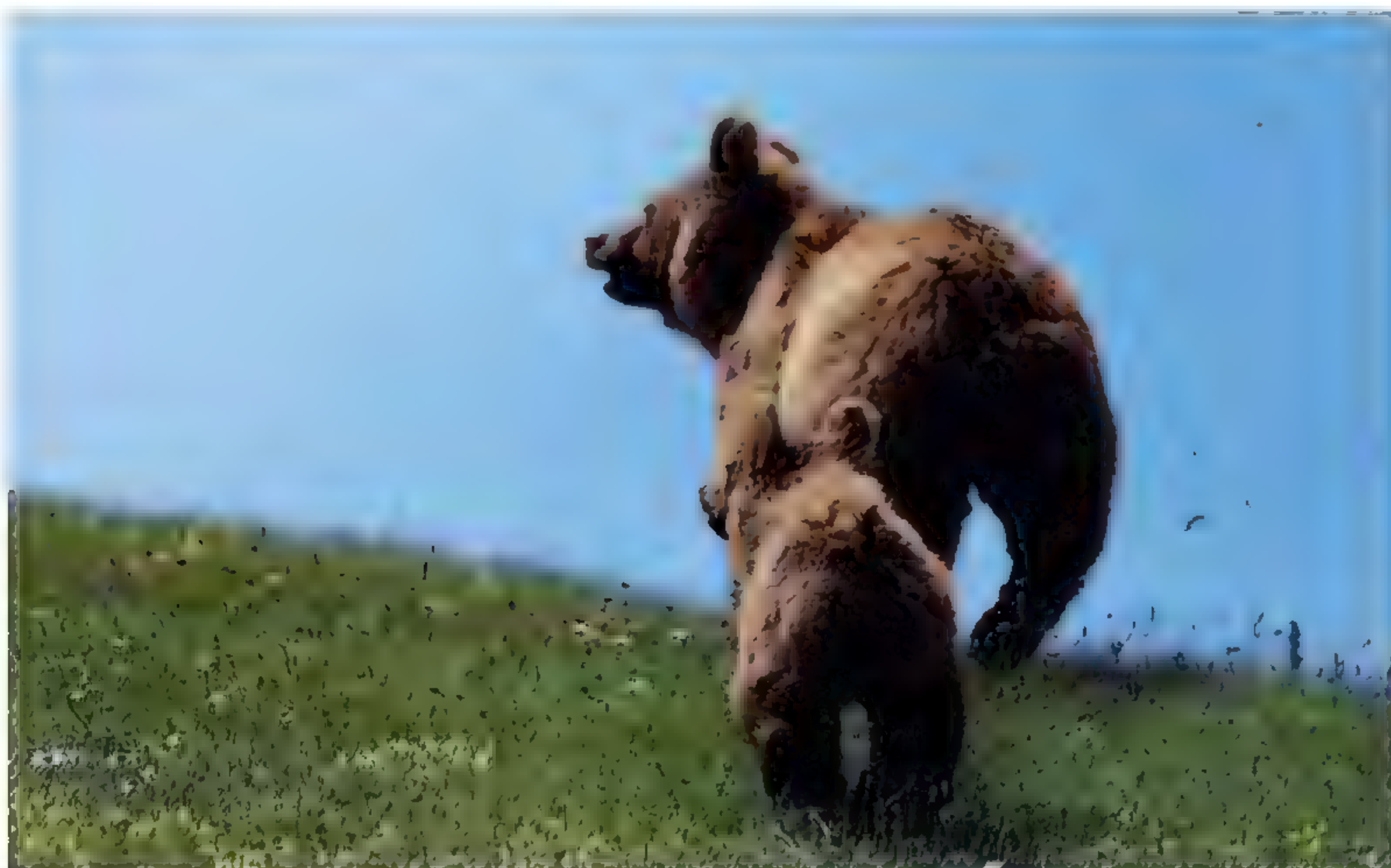
— Да, во время брачного периода.

— **Как же они без криков привлекают самок?**



— По-тихому. Наши корифеи обращали внимание, что число ревунов-олений, которые дерутся, в определённой пропорции соответствует числу молчунов, которые не ревут, но оставляют потомство. Они не вступают с ними в конфликты, но пользуются частью гарема. Пока он там занят боями, эти успешно делают своё дело. Это всё воочию видно: сидишь на одной стороне хребта, на другой пасутся олени, и ты всё в бинокль видишь. Даже настроение животных можно оценить: агрессивное, благосклонное, грустное...

— **Как у них складываются отношения с людьми?**



— Отношения меняются кардинально, особенно у медведей. Медведи в массе своей были объектом охоты и браконьерства. Сейчас с этим делом гораздо лучше. Попытки защитить медведя, включение в Красную книгу, запрет и контроль охоты, выдача ограниченного количества лицензий в конечном счёте привели к тому, что медведей отстреливать перестали.

— **Но их стало слишком много?**

— Да, но самое главное, изменилось их поведение: раньше они человека за версту обходили, зная, что это сопровождается убийством. Далеко не все медведи слышали даже, как стреляет ружьё, но они научены своими родителями. А сейчас они не боятся ничего: они приходят на туристские приюты, и мы вынуждены электроизгородью обносить эти места, чтобы медведи туда не лезли. Были случаи, когда медведь залезал в палатку: люди спят, а ему что мусорная куча, что палатка — всё одинаково. Разодрал и давай копошиться.

Есть, очевидно, разное отношение к человеку копытных животных в зависимости от их места нахождения. В частности, на Имеретинских озёрах у нас туры пасутся вблизи человека, приходят порыться в котелке. В то время как в других условиях к туру приблизиться невозможно: увидев тебя, он уходит. Это тоже результат, мне кажется, воспитания и передачи потом-



Фото Александра Перезова

ству — там непуганные животные. Мы всё чаще и чаще фиксируем случаи, когда животные не спасаются бегством от человека, что было абсолютно характерно для них лет 20—30 назад.

— **Это хорошо?**

— Это очень хорошо. Это говорит о том, что заповедник может быть рефугиумом. Если к оленям все будут хорошо относиться, они смогут освоить гораздо более широкие территории. Косули, например, живут под моим городом, Майкопом. Они тоже меняют своё поведение. Их, видимо, не трогают, они не боятся людей, автомобилей. Неизвестно, что думают о машинах. Иногда попадают под машину.

— **А это уже плохо. И ещё, вы сказали, медведи ходят по помойкам, палаткам...**

— Это так называемое синантропное поведение. Если с позиции биоразнообразия подходить, то какая разница, где он кормится, — главное, что он есть, этот медведь. Если с позиции сохранения дикой природы, то, конечно, о ней тут и речи не может идти.

— **Как быть, чтобы и дикую природу сохранить, и животных не истребить?**

— У меня нет ответа на этот вопрос. Мы к необходимости его решения только приближаемся. Причём медведь, в силу его опасности, главный катализатор размышлений на эту тему. Уверен, что в ближайшее время мы получим неприятности, — не у нас в заповеднике, а в регионе, — связанные со стычками с медведями. И после того, как эти стычки произойдут, не исключено, что медведей будут отстреливать, а значит, перестанут их беречь и начнут уничтожать.

— **И всё пойдёт по новой?**

— Да, маятник качнётся в обратную сторону. В этой связи, мне кажется, целесообразнее было бы уже сейчас выдавать лицензии, тщательно проводить учёты животных, подходить к вопросу регулирования численности, для того чтобы сформировать настороженное отношение животных к человеку. Человек им не друг. Нам лучше смотреть на диких зверей издали и любить их, отойдя на некоторое расстояние.

Фото предоставлены
Кавказским государственным
природным биосферным заповедником
имени Х. Г. Шапошникова.

Заповедные новости

В Курильский заповедник в акваторию рядом с Южно-Курильском прибыли сивучи, или северные морские львы. Первого сивуча заметили местные сёрферы 6 декабря в бухте Головнина, там же 10 декабря сёрферы встретили ещё одного, а 13 декабря уже 8 сивучей были сфотографированы научным сотрудником заповедника в воде напротив мыса Южно-Курильский (кстати, температура воды по сообщениям сёрферов составляла тогда +6...+7°C).

Сивучи — редкие животные, и постоянные наблюдения за ними ведутся в заповеднике с 2015 года. С наступлением зимы сотрудники заповедника регистрируют все встречи сивучей и других морских млекопитающих в прибрежных водах. Большую помощь при этом оказывают жители Южно-Курильского района, которые сообщают о передвижениях сивучей и других морских зверей, делятся фото- и видеосъёмками. За восемь лет наблюдений максимальное число сивучей у Южно-Курильского мыса было зафиксировано зимой 2015—2016 го-



Фото Сергея Стефанова

Сивучи вблизи Южно-Курильского мыса.

дов — 47 особей. Кроме акваторий рядом с районным центром, на Кунашире группы сивучей в зимний период появляются в прилегающей с тихоокеанской стороны акватории полуострова Весловский. Ещё их можно встретить на Шикотане, куда они прибывают примерно в то же время, что и на Кунашир.

В апреле сивучи покидают акватории Кунашира и Шикотана, направляясь к своим репродуктивным лежбищам на юго-восток (острова Осколки на Малой Курильской гряде) или на север (остров Итуруп и далее к Средним и Северным Курилам).

Сотрудники **Даурского заповедника** (Забайкальский край) в конце прошлого года провели учёт сибирских косуль, обитающих в заказнике федерального значения «Цасучейский бор». Учёт показал, что в бору пасутся примерно 7600 особей. Число косуль здесь год от года снижается, но плотность их по-прежнему остаётся одной из самых высоких на континенте — более 130 особей на тысячу гектаров, что свидетельствует о благоприятных условиях обитания.

Косуль учитывали методом шумового прогона, который позволяет посчитать вообще всех хорошо заметных крупных животных. В дни учёта в заказнике также находились в среднем около 2490 дзере-нов, 830 голов крупного рогатого скота, 55 лошадей. Общая плотность копытных, и диких, и домашних, уменьшилась после двух-трёх предыдущих учётов, но сравнима с лучшими нетрансформированными угодьями мира. Поэтому здесь обитает много крупных птиц: беркутов насчитали 220 особей, чёрных грифов — около 100. Хищные птицы, питающиеся мясом, зимой концентрируются вблизи мест скопления копытных. Беркуты охотятся на дзере-нов и косуль, грифы доедают остатки после беркутов и волков, подчищают всех умерших: диких и домашних копытных.

В **Висимском заповеднике** (Свердловская область) подвели итоги проекта «Хранитель сокола». В рамках проекта сотрудники заповедника разработали шкалу остывания яиц сапсана. С помо-

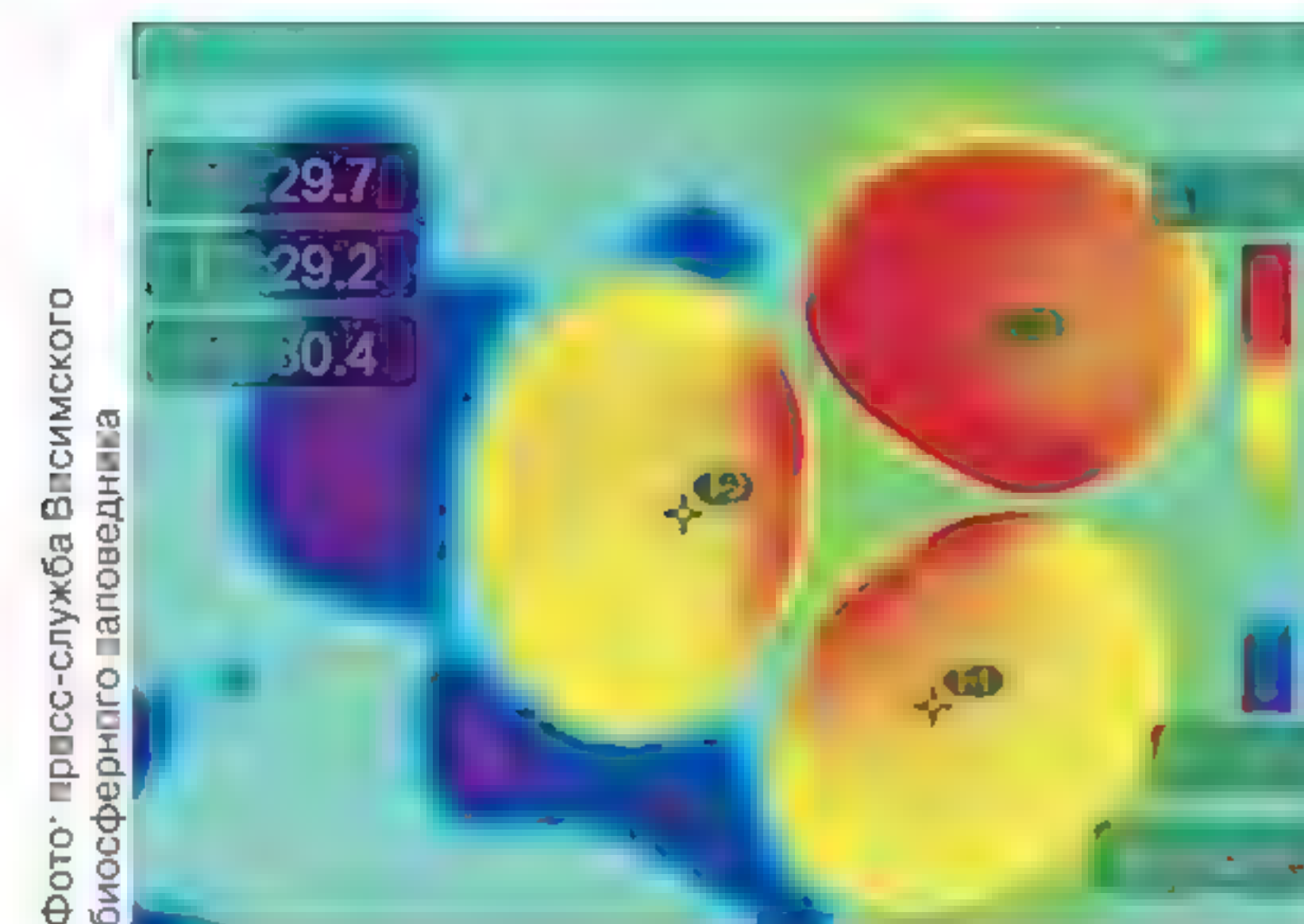


Фото: пресс-служба Висимского биосферного заповедника

Процесс остывания кладки яиц, снятый с помощью тепловизора.

щью такой шкалы можно оценить состояние кладки, когда с неё слетает самка. Сапсаны покидают гнездо, если их тревожат люди; это могут быть как посетители заповедника, так и специалисты-орнитологи. Если самка будет отсутствовать подолгу и слишком часто, яйца могут переохладиться и погибнуть. С помощью тепловизора и шкалы остывания можно понять, как себя чувствуют яйца у конкретной пары сапсанов, не слишком ли беспокоятся птицы и не пора ли ограничить человеческое присутствие в районе сапсанных гнёзд. Шкалу создали для яиц на ранних стадиях насиживания, когда в них ещё даже не просматриваются эмбрионы. В перспективе метод можно адаптировать и для более поздних стадий, а также для разных погодных условий.

Впрочем, в прошлом году особый противопожарный режим в регионе (а местами даже режим ЧС) позволил сапсанам высидеть кладку до вылупления птенцов без особого беспокойства, причём в большинстве случаев в гнёздах появлялось по четыре птенца — максимальное количество. Были пары птиц, не приступавшие к откладке яиц, однако, по словам сотрудников заповедника, они поступали так не оттого, что их беспокоили люди, а вследствие иных причин.

В заповеднике «**Бастак**» (Еврейская автономная область) хорошо себя зарекомендовала цифровая система видеонаблюдения за лесными пожарами «Лесохранитель». Система ведёт кругло-

суточное наблюдение за территорией заповедника и прилегающими районами, сообщая о любых очагах возгораний. Обнаружив дым, система передаёт координаты оперативным дежурным. За осень 2023 года с помощью «Лесохранителя» удалось своевременно предотвратить пять пожаров. Система защищает не только лес: одно из особенно крупных возгораний случилось неподалёку от села Кирга, но ни село, ни близлежащие заповедные территории не пострадали от пожара благодаря сотрудникам МЧС, своевременно оповещённым «Лесохранителем».

В **Сихотэ-Алинском заповеднике** случилось пополнение — на его территории заметили кольчатую горлицу и трухляка черноватого; ни тот ни другой вид тут прежде не встречались. Ареал кольчатой горлицы до XX века охватывал Южную Азию, после этот вид стремительно заселил Европу и Северную Азию. В настоящее время кольчатая горлица продолжает осваивать новые территории. В заповеднике она стала 390-м зарегистрированным видом птиц.

Жук трухляк черноватый — редкий, локально встречающийся вид, включённый в Красную книгу Российской Федерации. Для обитания ему нужны специфические условия — влажные старовозрастные лесные массивы с преобладанием

Кольчатая горлица.

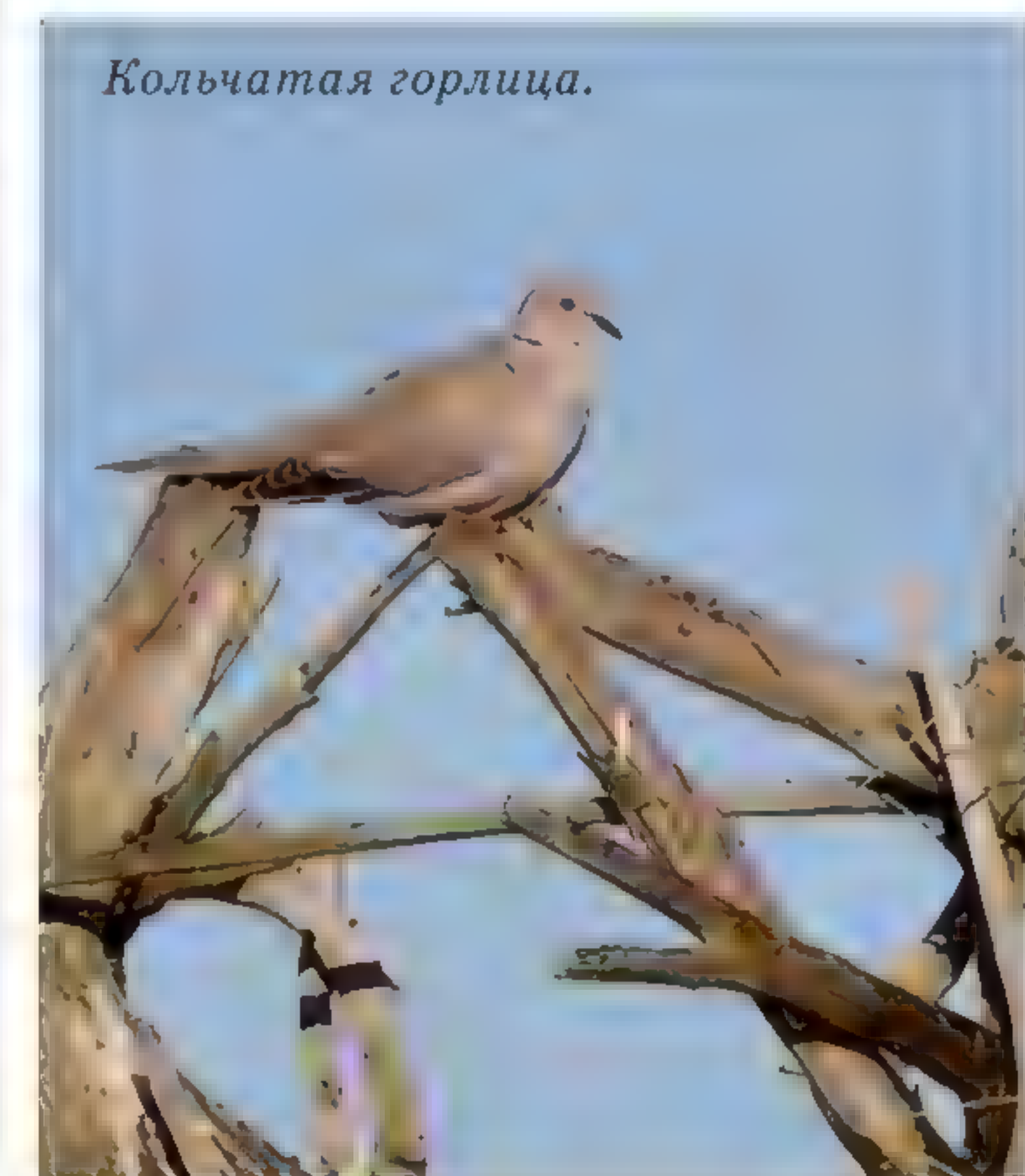


Фото Светлана Сутириной



Фото. Научный отдел Национального парка «Красноярские Столбы»

Стоп-кадр из видео, снятого фотоловушкой, установленной в Национальном парке «Красноярские Столбы».

хвойных. Энтомолог ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН Максим Сергеев обнаружил жука в первозданном лесу урочища Кабаний, в верховьях реки Джигитовка и в пойменном лесу урочища Курума. Ранее в Приморском крае его находили только на юге, в Уссурийском заповеднике. Таким образом, в настоящее время на территории Сихотэ-Алинского заповедника обитают три вида насекомых из Красной книги РФ — дальневосточный отшельник, восковая пчела и трухляк черноватый.

В Национальном парке «Красноярские Столбы» пересчитали рысей — их оказалось четырнадцать. Надо сказать, что на протяжении всей истории заповедника численность рыси обыкновенной оставалась крайне небольшой, от двух до шестнадцати особей в разные годы. В последние десять лет в нацпарке действует программа «Мониторинг популяции рыси методами фотофиксации», одна из главных задач которой — оценить, как чувствуют себя эти краснокнижные кошки рядом с антропогенными территориями.

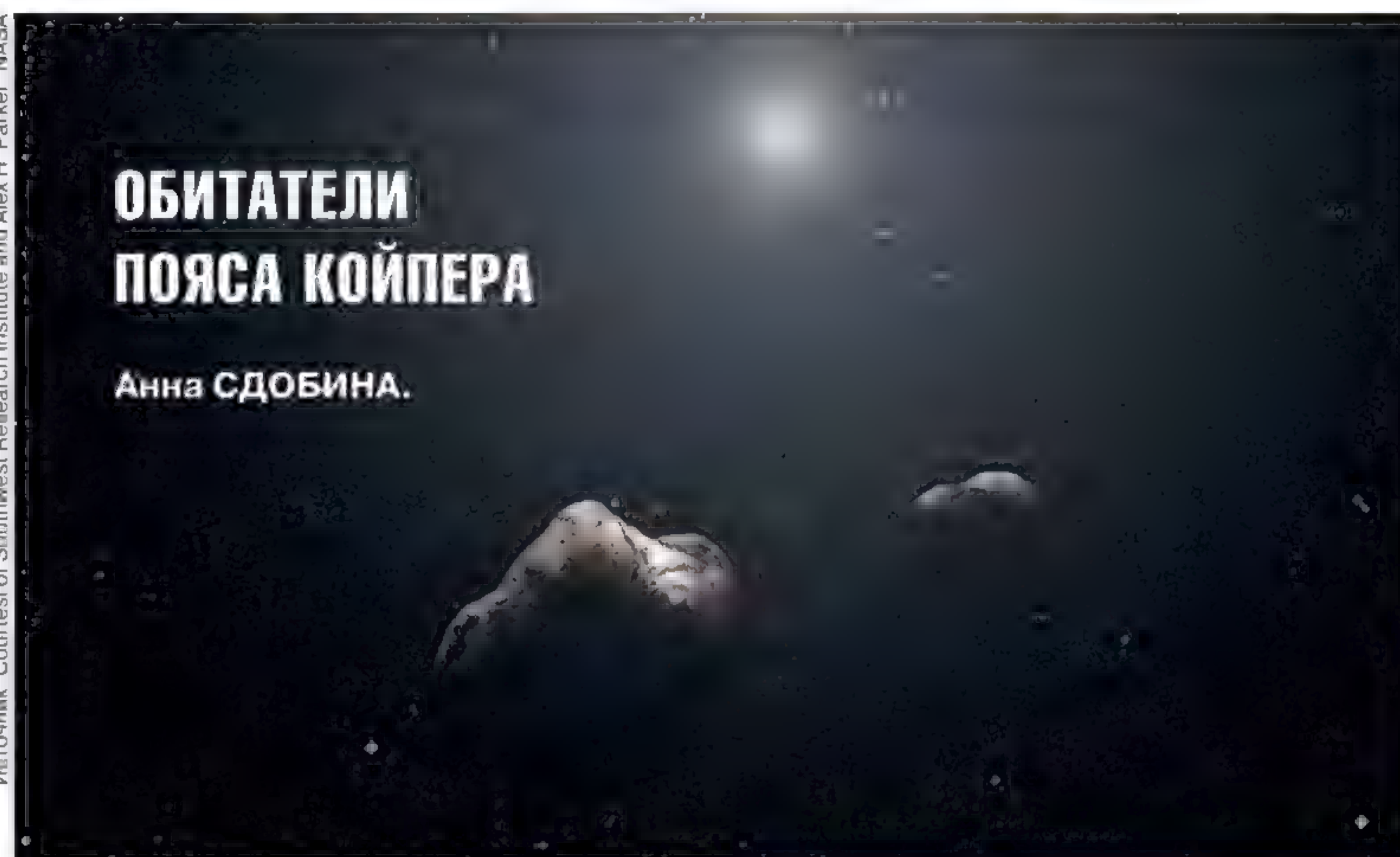
Рыси — территориальные звери, предпочитают жить на постоянных участках, но при этом они скрытны, и наблюдать за ними достаточно сложно. Неоценимую помощь в их мониторинге оказывают фоторегистраторы в различных зонах нацпарка. В прошлом году к существующей сети фотоловушек добавились двадцать новых фоторегистраторов. Их разместили на лесных завалах (излюбленное место для логова у рысей), на тропах, отстоях и других участках. Были получены уникальные снимки трёх самок с котятами, что свидетельствует о высоких репродуктивных способностях местных рысей.

Данные фоторегистраторов также говорят о том, что рыси не слишком любят человеческое присутствие. Реже всего они появляются в рекреационной зоне нацпарка; собственно, здесь был замечен всего один самец, да и то на переходе. Следовательно, если иметь в виду благополучие рыси, активный туризм за пределами рекреационной зоны заповедника следует ограничить.

По материалам пресс-служб заповедников и особо охраняемых природных территорий.



Иллюстрация. Courtesy of Southwest Research Institute and Alex H. Parker. NASA



ОБИТАТЕЛИ ПОЯСА КОЙПЕРА

Анна СДОБИНА.

Готовы отправиться в фантастическое космическое путешествие на окраину Солнечной системы, к далёкому поясу Койпера? Место это коварное, там можно встретить ледяные глыбы, похожие на запылённые «снежки»: и гигантские, величиной примерно с Антарктиду или с Австралию, и размером поменьше. Кроме того, там темно и очень холодно. Но мы знаем, что мир космоса удивительно разнообразен, и вам, определённо, будет на что взглянуть!

НЕЛЬЗЯ ПРОСТО ТАК ВЗЯТЬ И НАЙТИ...

О существовании столь далёкой, насыщенной космическими объектами области на задворках Солнечной

Объекты из пояса Койпера, освещённые тусклым светом далёкого Солнца, в представлении художника.

системы человечество узнало, можно сказать, недавно. В 1781 году английский астроном немецкого происхождения Уильям Гершель открыл Уран, и это событие заставило взглянуть на Солнечную систему по-новому, ведь последней планетой, видимой с Земли невооружённым глазом, был Сатурн, и предполагалось, что владения нашей родной звезды на «Властелине колец» заканчиваются. И вот за открытой седьмой планетой начали пристально наблюдать астрономы всего мира.

● ЛЮБИТЕЛЯМ АСТРОНОМИИ

Они заметили, что движется Уран несколько странно. Французский астроном и математик Урбен Леверье предположил, что Уран тоже может оказаться не последней планетой в Солнечной системе: за его орбитой находится ещё какое-то массивное тело, которое влияет на движение седьмой планеты. Леверье, тщательно проанализировав характер движения Урана, рассчитал местоположение загадочной восьмой планеты, и в указанных им координатах в 1846 году был открыт Нептун (см. статью «В глубинах сапфировых облаков: путешествие на Нептун», «Наука и жизнь» № 10, 2023 г., стр. 81. — Прим. ред.).

После этого среди астрономов началась настоящая гонка за планетами. Энтузиастами-исследователями были не только учёные, но и любители. В частности, в 1906 году состоятельный

житель Бостона Персиваль Лоуэлл основал проект, целью которого было отыскать неведомый новый мир, названный им условно «Планета X». Астрономы искали массивную планету, подобную Урану и Нептуну, и в 1930 году молодой американский астроном Клайд Томбо, которого, кстати, пригласил к себе на работу Лоуэлл, открыл Плутон. Учёные обрадовались: вот она, Планета X! Но, разумеется, любопытство и жажда новых открытий подтолкнули их на создание и других гипотез.

О том, что за Плутоном могут скрываться другие объекты, первым задумался в 1930 году американский астроном Фредерик Леонард. Вторым аналогичное предположение высказал ирландский астроном Кеннет Эджворт в 1943 году. Он посчитал, что остатки туманности — колыбели, где около 5 млрд лет назад родилась Солнечная система, были слишком рассеяны, чтобы уплотниться и сформировать крупные планеты, поэтому на её задворках прячется множество каменно-ледяных обломков, которые могут прилетать к нам — вот откуда берутся кометы!

Нидерландский физик и астроном Джерард Койпер в 1951 году описал процесс формирования протопланетного диска. Он высказал предположение, что пояс из обломков на окраине Солнечной системы действительно мог существовать на ранних этапах её становления. Однако в середине XX века никто ещё не знал точных массы и размера Плутона. Койпер думал, что Плутон по размеру почти такой же, как и Земля, и силы его гравитации должно хватить на то, чтобы избавить «заставу» Солнечной системы от подобного мусора, а значит, эти тела либо находятся дальше, либо были выметены из нашего галактического

Источник: ESA



Пояс Койпера берёт своё начало за орбитой Нептуна и заканчивается на расстоянии около 7,5 млрд км от Солнца. Масштабы планет и размеры их орбит на изображении не соблюдены.

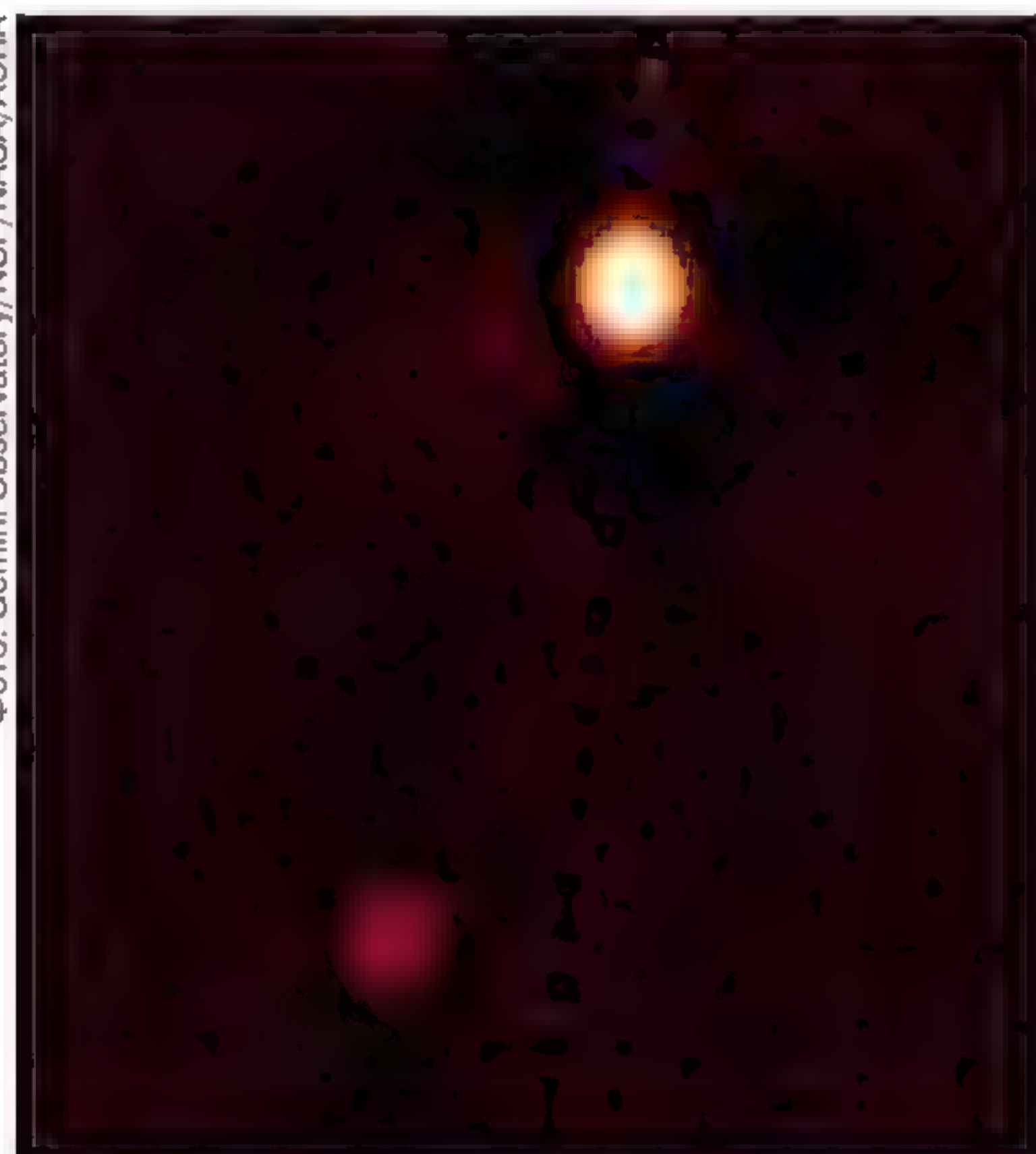
области обнаружил американский астроном Дэвид Джуитт.

БУБЛИК ИЗ СНЕЖКОВ

Итак, пояс Койпера — это область Солнечной системы, начинающаяся почти сразу за орбитой Нептуна (около 30 а. е.) и заканчивающаяся на расстоянии 55 а. е. от Солнца. Можно сказать, что основные его обитатели — остатки «строительного материала» после формирования Солнечной системы, вытесненные туда гравитацией планет и представляющие собой каменно-ледяные тела несферической формы. Однако в этой области могут встречаться и карликовые планеты, похожие на Плутон. По форме пояс больше напоминает тор или бублик поскольку основная масса его объектов имеет орбиты в пределах 10 градусов от плоскости эклиптики.

На траекторию движения обитателей пояса Койпера большое влияние оказывает Нептун: его гравитационная сила дестабилизирует орбиты

Фото: Gemini Observatory/NSF/NASA/AURA



Плутон и его самый большой спутник Харон. Фотография получена с помощью телескопа «Джемини» на Гавайях. Поскольку Плутон — самый крупный из известных транснептуновых объектов, можно представить всю сложность их изучения земными телескопами.

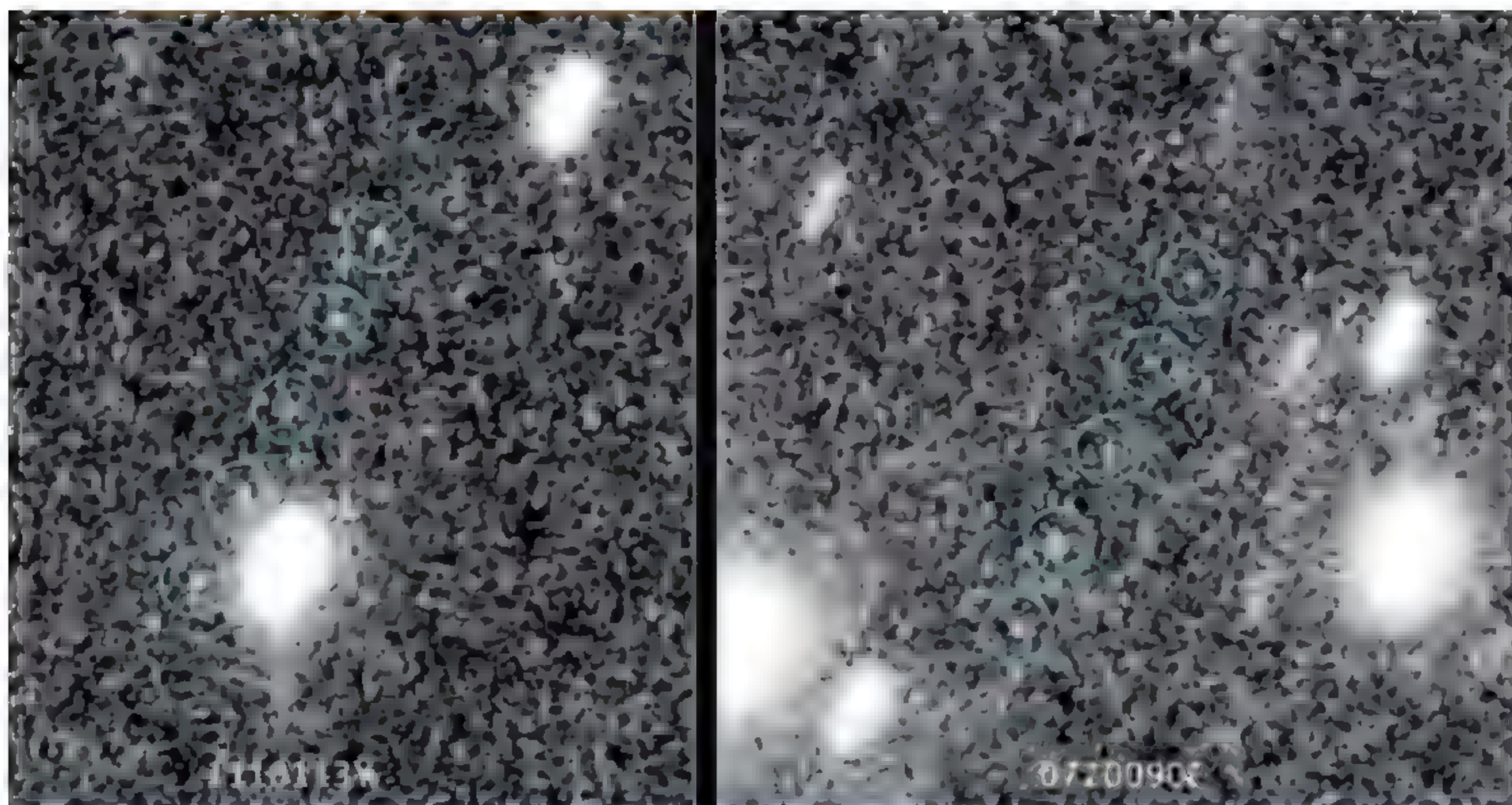


Фото: NASA, ESA, SwRI, JHU/APL, and the New Horizons KBO Search Team

Из-за своего небольшого размера большинство объектов пояса Койпера на фотографиях, полученных даже с самых мощных телескопов, выглядят лишь как светлые точки или небольшие пятна, которые смещаются относительно «неподвижных» звёзд. Так, например, на этих двух сериях снимков, сделанных телескопом «Хаббл» через одинаковые интервалы времени (фото наложены друг на друга), видно смещение двух разных объектов из пояса Койпера относительно звёзд из созвездия Стрельца на «заднем плане».

тел, оказавшихся на близком расстоянии от него. В дальнейшем ледяные «жители» на границе Солнечной системы могут отправиться куда угодно: во внутреннюю область, на более отдалённые позиции или вовсе в межзвёздное пространство.

Из-за того, что объекты пояса Койпера имеют небольшие размеры и находятся крайне далеко от Солнца, исследовать эту область очень сложно. Во-первых, температура тел там низкая: около -250°C , из-за чего инфракрасный свет, исходящий от них, еле уловим. Во-вторых, на таком внушительном расстоянии солнечного света очень мало, и эти каменно-ледяные создания почти ничего не отражают, поэтому в оптическом диапазоне теряются в крошечной темноте, как свет далёких и тусклых звёзд в водах океана. Исследователи до сих пор не могут назвать точное количество объек-

тов в поясе Койпера, но несмотря на все трудности, им удалось найти нечто интересное.

УТЁС, КОТОРОГО НЕ ДОЛЖНО БЫТЬ

Примерно на расстоянии 50 а. е. от Солнца количество объектов диаметром 100 км и более резко уменьшается. Представьте, что вы направляетесь к какой-нибудь звезде, расположенной неподалёку от Солнца, например, к Сириусу. На пути вам предстоит пробираться сквозь скопище ледяных обломков: вы летите, уворачиваясь от препятствий, а потом вдруг пояс Койпера неожиданно заканчивается. Почти нет глыб, грозящих вам столкнуться, и всё, что вы видите перед собой, — сияние далёких звёзд и величественный рукав Млечного Пути. Эта область называется утёс Койпера.

Его существование противоречит общепринятым представлениям о строении и формировании Солнечной системы — согласно расчётам, его быть не должно. Откуда же взялся этот утёс?

Предполагается, что некая массивная планета размером с Нептун могла «расчистить» для себя такой коридор — часть объектов была вытеснена на более далёкие орбиты, а часть поглощена ей же самой. Это как раз та самая Планета X, которую астрономы пытаются найти, но пока ещё поиски не увенчались успехом, хотя примерная траектория её движения уже определена. Год на этой планете составляет около 20 тысяч земных лет.

На существование массивной Планеты X, которую можно было бы назвать «королевой» пояса Койпера, указывает и ещё одна любопытная гипотеза. Уран и Нептун астрономы называют хранителями Земли и часовыми Солнечной системы, поскольку они внесли неоценимый вклад в зарождение и формирование жизни на нашей планете. Их миры тоже полны загадок. Один из вопросов: как эти два гиганта могли образоваться на таком далёком расстоянии от Солнца, где вещества в протопланетном диске было явно недостаточно для их роста?

Расчёты показывают, что в далёком прошлом наш мир выглядел совсем не так, как сейчас: юные планеты располагались ближе к Солнцу и друг к другу и не в той последовательности. Ритм их гравитационного танца постепенно ускорялся, и Юпитер с Сатурном вытеснили Уран и Нептун ближе к окраинам. Газовые



Единственный объект из пояса Койпера (кроме Плутона и его спутников), который удалось разглядеть с близкого расстояния, — это транснептуновый астероид Аррокот (2014 MU69). 1 января 2019 года его посетил космический аппарат «Новые горизонты». В длину Аррокот имеет около 32 км и состоит из двух слипшихся астероидов, каждый из которых, в свою очередь, включает несколько планетезималей, их границы видны на его поверхности. На примере Аррокота можно увидеть, как выглядели растущие каменные объекты в самом начале формирования Солнечной системы. Изображение Аррокота построено на основе серии снимков, сделанных камерами аппарата «Новые горизонты».

гиганты подталкивали друг друга, их орбиты становились всё более вытянутыми, нестабильными, и в кульминационный момент, покинув свои более или менее привычные места, они заняли новые позиции. Именно Уран и

Источник: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute/Roman Tkachenko

Нептун вытеснили оставшиеся обломки, расчистили весь «мусор», приняв удар на себя.

Однако это ещё не всё: если бы Юпитер находился на своей изначальной орбите, более близкой к Земле, жизнь на нашей планете никогда не сформировалась. Газовый гигант сделал бы орбиту вытянутой, что привело бы к формированию некомфортного климата, а также перенаправлял бы все кометы и астероиды в сторону Земли, вместо того чтобы, наоборот, выталкивать их вовне, как он это делает сейчас.

Как же Юпитер оказался на своём месте? Ведь гравитационных сил Урана и Нептуна, вместе взятых, недостаточно, чтобы «оттащить» его на безопасное расстояние от Земли, — нужно что-то большое и массивное. И тогда учёные подставили в свои уравнения ещё одну величину — тут пазл и сошёлся! Силы трёх планет было бы уже достаточно, чтобы сместить Юпитер, но Планета X стала в этом космическом трио жертвой и была отброшена на такую далёкую орбиту, что её никак не могут найти даже современные мощные телескопы. Поэтому предполагаемая «королева» пояса Койпера всё ещё надёжно прячется от нас, если действительно существует.

Является ли упомянутый выше утёс концом пояса Койпера? Находится ли в этом тоннеле Планета X? Или, быть может, никакой Планеты X там нет, и версия о миграции планет ошибочна, и на расстоянии дальше 50 а. е. полным-полно объектов, просто мы их ещё не открыли? Пока это остаётся загадкой. Как бы то ни было, изучение объектов пояса Койпера крайне важно, поскольку они, будучи удалёнными от Солнца и планет, практически являются ценнейшими источниками информации о протопланетном дис-

ке и первоначальных этапах жизни Солнечной системы.

Пояс Койпера нередко ассоциируется с Главным поясом астероидов, расположенным между орбитами Марса и Юпитера. Кружащиеся вокруг Солнца глыбы разных размеров, от частичек пыли и крошечных камушков до гигантских осколков, встречаются и в той и в другой области. Но внешнее сходство обманчиво. Между этими поясами есть несколько существенных отличий. Во-первых, пояс Койпера примерно в 20 раз шире и в 20—200 раз массивнее пояса астероидов. Во-вторых, пояс астероидов состоит в основном из горных пород и металлов, а пояс Койпера населён объектами преимущественно из летучих элементов, называемых льдами, — метана, аммиака, воды. Это легко объясняется тем, что оставшиеся тяжёлые элементы, из которых формировались планеты земной группы, солнечному ветру было «выместить» намного труднее, чем летучие, — они-то и были отброшены почти на самую окраину. В-третьих, в поясе астероидов есть только одна карликовая планета — Церера, тогда как в поясе Койпера их известно несколько: Плутон, Эрида, Хаумеа, Макемаке, Квавар и Орк. Пожалуй, с Эриды и начнём.

КАКОЙ ОН, МИР ЭРИДЫ?

Молчаливая поверхность этой карликовой планеты — покрытая льдами скалистая пустыня серебристо-пепельного цвета. Кое-где слабо поблёскивает лёд, отражая блеск звёзд и сияние далёкого Солнца, которое еле дотягивается сюда своими светло-золотистыми, ослабевшими за долгий путь, лучами. Несмотря на столь внушительное расстояние — в среднем около 10 млрд км, или 60 а. е., солнечный

свет всё ещё способен её касаться, но не способен согреть, поэтому температура здесь достигает примерно -253°C . Если вам захочется подарить Эриде хоть немного тепла — дотронуться рукой до её поверхности, то этот трюк не удастся: снимать перчатки скафандра ни в коем случае нельзя! Здесь нет воздуха, которым можно дышать, нет атмосферы, и жуткий холод, поэтому всё, что вы сможете сделать, — просто прикоснуться к этим льдам, будучи в полном снаряжении.

Вы видите здесь чаши кратеров, окаймлённые множеством острых камней. Осторожно подходите к валу из глыб, пытаетесь найти путь к одной из чаш, но не решаетесь тревожить светом фонаря мир, привыкший к ночи, и идёте дальше. Вас окружают невысокие горы, словно вгрызающиеся в чёрное небо. Вы стараетесь быть очень внимательными: трещины, расползающиеся в разные стороны и застывшие на миллионы лет в своих извилистых очертаниях, могут послужить ловушкой для путешественников! А ещё вы видите ледяные равнины — гигантские поля, уходящие за размытую в темноте линию горизонта: кажется, будто художник обмакнул кисть в сумрачный кобальтовый оттенок акварели и провёл ей, стирая чёткую границу между космосом и твердь. Величественной аркой перекинулся Млечный Путь над Эридой: где-то в этих полосах света блещут далёкие звёзды. Сколько там таких же солнц, как наше? Сколько рядом с ними планет и миров, подобных Эриде? Эрида — лишь скромный крошечный белый кораблик, несущийся по рекам рукавов нашей Галактики в просторах крупномасштабной структуры Вселенной.

Что же известно на данный момент об этой карликовой планете?

ЭРИДА: ИНТРИГА КОСМИЧЕСКИХ МАСШТАБОВ

Официально об открытии Эриды 5 января 2005 года заявила команда учёных из Паломарской обсерватории во главе с Майком Брауном, профессором планетной астрономии Калифорнийского технологического института. Снимки, где «засветилась» Эрида, были сделаны ещё 21 октября 2003 года, но её изображение тогда не было обнаружено из-за почти незаметного перемещения по небу. В январе 2005 года повторный анализ снимков показал медленное орбитальное движение Эриды на фоне звёзд.

Эрида — наиболее массивная карликовая планета в поясе Койпера. Сразу после её открытия астрономы задались вопросом: можно ли назвать находку планетой и сделать десятой в списке? Спор решился на заседании ассамблеи Международного астрономического союза, который проходил в Праге в 2006 году. Тогда было уточнено само понятие «планета», и какой объект может носить это звание. С этой целью астрономы обозначили несколько «требований» к объекту, который может считаться планетой. Плутон и Эрида подходили по всем критериям, кроме одного — они слишком малы, а значит, не обладают достаточной массой, чтобы вытеснить со своих орбит разнообразный «космический мусор» в виде каменно-ледяных осколков. Астрономы догадывались, что подобных Эриде карликовых тел на задворках Солнечной системы может быть очень много, так неужели все эти крохи будут называться планетами? Решили, что не будут. После завершения ассамблеи для подобных объектов была введена отдельная классификация «карликовая планета», на основании чего

Плутон вычеркнули из списка планет Солнечной системы и перевели в разряд карликовых.

Первоначально Эрида получила ничем не примечательный номер — 2003 UB₃₁₃. Может показаться забавным, но Майкл Браун предложил назвать её «Зена» — в честь главной героини сериала «Зена — королева воинов». Были мысли назвать планету «Лайла» в честь новорождённой дочери Брауна. Предлагались также «Персефона», или «Прозерпина» — в честь жены правителя подземного мира Плутона, ведь оба объекта вместе блуждают в сумраке вечной ночи, как в глубинах подземного царства. Но этими именами уже были названы астероиды, поэтому оба варианта пришлось отбросить. Позже Майкл Браун предложил назвать находку Эридой — именем греческой богини

раздора и хаоса. На нём в итоге и остановились.

А ЧТО НАСЧЁТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ?

Эрида — второй по величине объект в поясе Койпера после Плутона. Её примерный диаметр 2326 км, а диаметр Плутона — 2379. Вряд ли мы сможем дожидаться здесь новогодних праздников — один оборот вокруг Солнца планета совершает за 559 земных лет! Поскольку Эрида находится очень далеко от Солнца, то и движется она по своей орбите крайне медленно: средняя скорость составляет 3,4 км/с. Кстати, траектория её движения тоже весьма специфичная: она сильно вытянутая, эллиптическая. В перигелии расстояние от Солнца до планеты составляет 5,75 млрд км, а в

афелии — 14,61 млрд км. Возможно, когда Эрида будет находиться в перигелии, мы даже сможем попытаться увидеть Землю с её поверхности — она будет выглядеть как крошечная голубая точка в лучах солнечного света. (Вспомните знаменитое фото «Вояджера-1», сделанное почти с такого же расстояния; оно так и называется «Голубая точка».) В перигелии Эрида будет только в 2257 году. Её вытянутая орбита сильно наклонена к плоскости эклиптики, почти на 44 градуса. И это ещё не всё: двигаясь по своей орбите, планета может пересекать орбиту Нептуна, однако траектории их движения настолько упорядочены, что они не столкнутся. Сутки на Эриде длятся примерно 26 часов, но здесь это вряд ли имеет значение, ведь ночь почти неотличима от дня. Любопытно, что на таком большом расстоянии очень трудно определить точный диаметр и массу карликовой планеты, так что может ещё выясниться в результате последующих наблюдений, что она окажется крупнее Плутона. По массе, согласно современным данным, она тяжелее и плотнее его. Масса Эриды — $1,66 \times 10^{22}$ кг, а масса Плутона — $1,3 \times 10^{22}$ кг.

Эрида — ледяное тело, покрытое скалами, метановым снегом и этиленовым льдом. В перигелии температура её поверхности может подниматься до -230°C , и этого достаточно, чтобы замороженные газы начинали таять и испаряться, образуя слабую дымку, состоящую преимущественно из метана. Некоторые астрономы осторожно предполагают, что, несмотря на жуткий холод, под ледяной поверхностью может прятаться океан из жидкой воды, температура которого поддерживается за счёт тепла, выделяющегося при радиоактивном распаде нестабильных элементов. Океан

находится на границе мантии и ядра. Но благодаря чему вода может оставаться в жидком состоянии в такой дали от Солнца?

У Эриды есть крошечная луна — Дисномия, кружащаяся вокруг неё на расстоянии 37 тыс. км. Её диаметр всего около 615 км, но этого достаточно, чтобы разогревать недра хозяйской планеты изнутри. Дисномия и Эрида — пара противоположностей: поверхность Эриды прекрасно отражает солнечный свет, подобно свежеснежному снегу, а вот Дисномия выглядит тёмной, как уголь. Форма Дисномии неизвестна, но её низкая плотность предполагает, что она, скорее всего, не имеет форму сферы и чем-то напоминает эллипсоидные марсианские спутники Фобос и Деймос.

Есть ли жизнь в гипотетическом океане Эриды? Трудно представить сами условия существования и химический состав этой жидкости. О них смог бы рассказать отправленный к карликовой планете космический зонд. В 2010-х годах было проведено множество исследований для последующих миссий по изучению объектов пояса Койпера, среди которых Эрида оценивалась как кандидат. Было подсчитано, что полёт к ней с использованием юпитерианского гравитационного ускорителя займёт 24,66 года, исходя из дат запуска 3 апреля 2032 года или 7 апреля 2044 года.

Эрида — далеко не единственный крошечный ледяной мирок в поясе Койпера. Особый интерес, помимо неё, представляют несколько объектов: Хаумеа, Макемаке, Кварвар, Орк, Седна (см. статью «Седна, блуждающая во тьме», «Наука и жизнь» № 5, 2022 г., стр. 81. — Прим. ред.) и далёкая Фарфараут.

(Окончание следует.)



Эрида и её крошечная луна Дисномия в представлении художника.

Источник: NASA, ESA, and A. Schaller (for STScI)/CfA 4.0



ТОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЖОНА НИСТРОМА

Кандидат технических наук
Дмитрий ЗЛАТОПОЛЬСКИЙ.

Такие необычные часы изображены на обложке книги американского инженера шведского происхождения Джона Нистрома «Проект новой системы

арифметики, веса, меры и монет...»*, изданной в 1862 году в Филадельфии (США). В ней автор предложил новую систему записи чисел, которую назвал тональной, дал её подробное объяснение и описал преимущества применения в различных областях.

В своей системе в дополнение к арабским цифрам 0, 1, ..., 8 Нистром ввёл шесть новых цифр (рисунок слева).

Цифра	Десятичный эквивалент
3	9
8	11
U	12
E	13
z	14
φ	15

* D. W. Nystrom, Project of a New System of Arithmetic, Weight, Measure and Coin, Proposed to be called the Tonal System, with Sixteen to the base. Philadelphia: Lippincott & Co; London: Trubner & Co, 1862.

Десятичное число 10 Нистром предлагал записывать как 9. Числа больше 15 записывались по правилам, аналогичным записи многозначных чисел в используемой нами десятичной системе счисления.

16	10
17	11
18	12
19	13
20	14
21	15
22	16
23	17
24	18
25	13
26	19
27	18
28	10
29	18
30	12
31	14
32	20

240	φ0
241	φ1
242	φ2
243	φ3
244	φ4
245	φ5
246	φ6
247	φ7
248	φ8
249	φ3
250	φ9
251	φ8
252	φ0
253	φ8
254	φ2
255	φφ
256	100

По сути, система, предложенная Нистромом, аналогична той, которая в настоящее время называется «шестнадцатеричной системой счисления». Именно числа этой системы изображены на часах (обратите внимание, что значение времени, соответствующее полуночи «0», указано внизу, а не вверху циферблата).

Предлагая новую систему представления чисел, Нистром, естественно, описал особенности её применения. Так, в качестве единицы измерения температуры он предложил использовать часть 100-градусной шкалы Цельсия и разделить шкалу термометра на 256 частей. Указанную единицу он назвал *tempton*, а единицу, в 16 раз большую, — *temp*.

Из-за разбиения суток не на 24, а на 16 частей, для измерения времени основной единицей стала часть

● ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

суток (*tim*), которая делилась на более мелкие единицы (аналоги минут, секунд и миллисекунд).

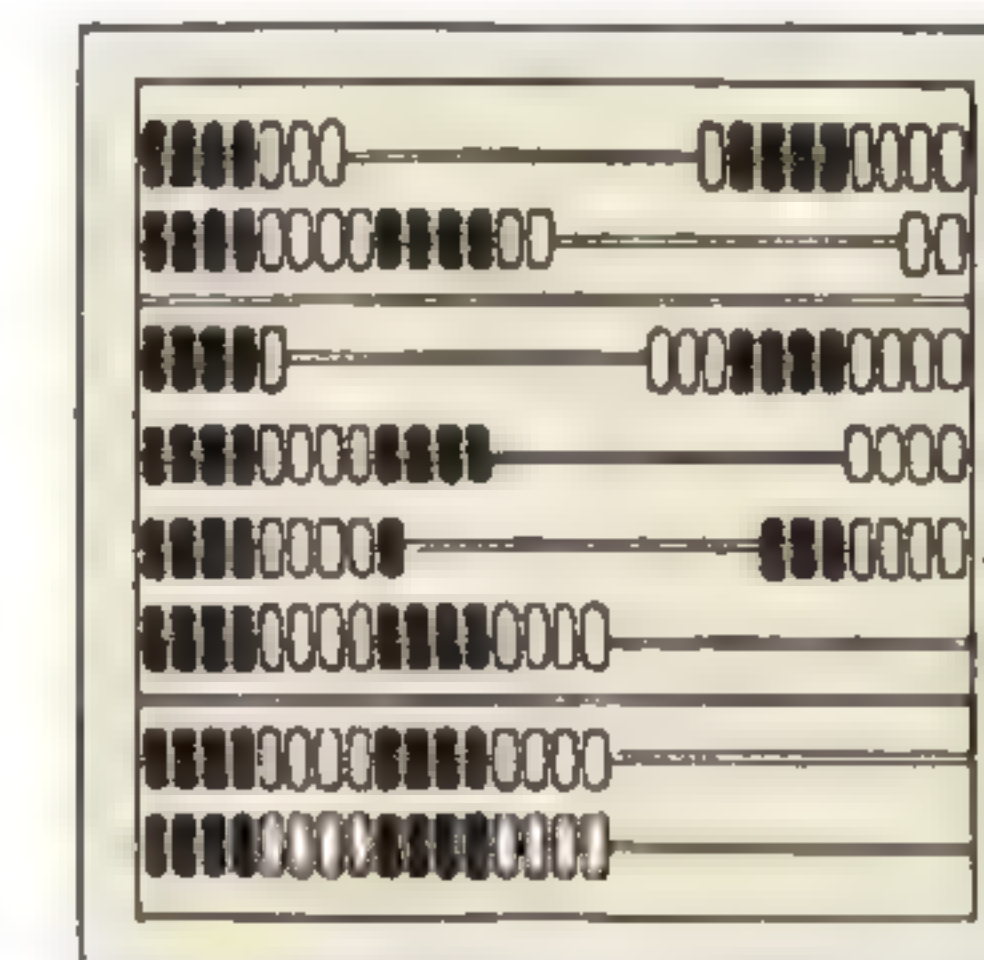
Нистром ввёл и подробно описал также соответствующие единицы измерения длины, площади, объёма, веса, денежные единицы и др. Календарный год он предлагал разбить на 16 месяцев (*anuary, debrian, timander, gostus, suvenary, bylian, ratamber, mesudius, nictoary, kolumbian, husamber, vyctorious, lamboarv, polian, fylander, tonborius*) по 16—17 дней в каждом.

А вот как выглядел «шестнадцатеричный» (если быть точным, — «тональный») компас (рисунок внизу).

В нём, как и на часах, 16 делений. Видно, что Северному полюсу, экватору и Южному полюсу сопос-

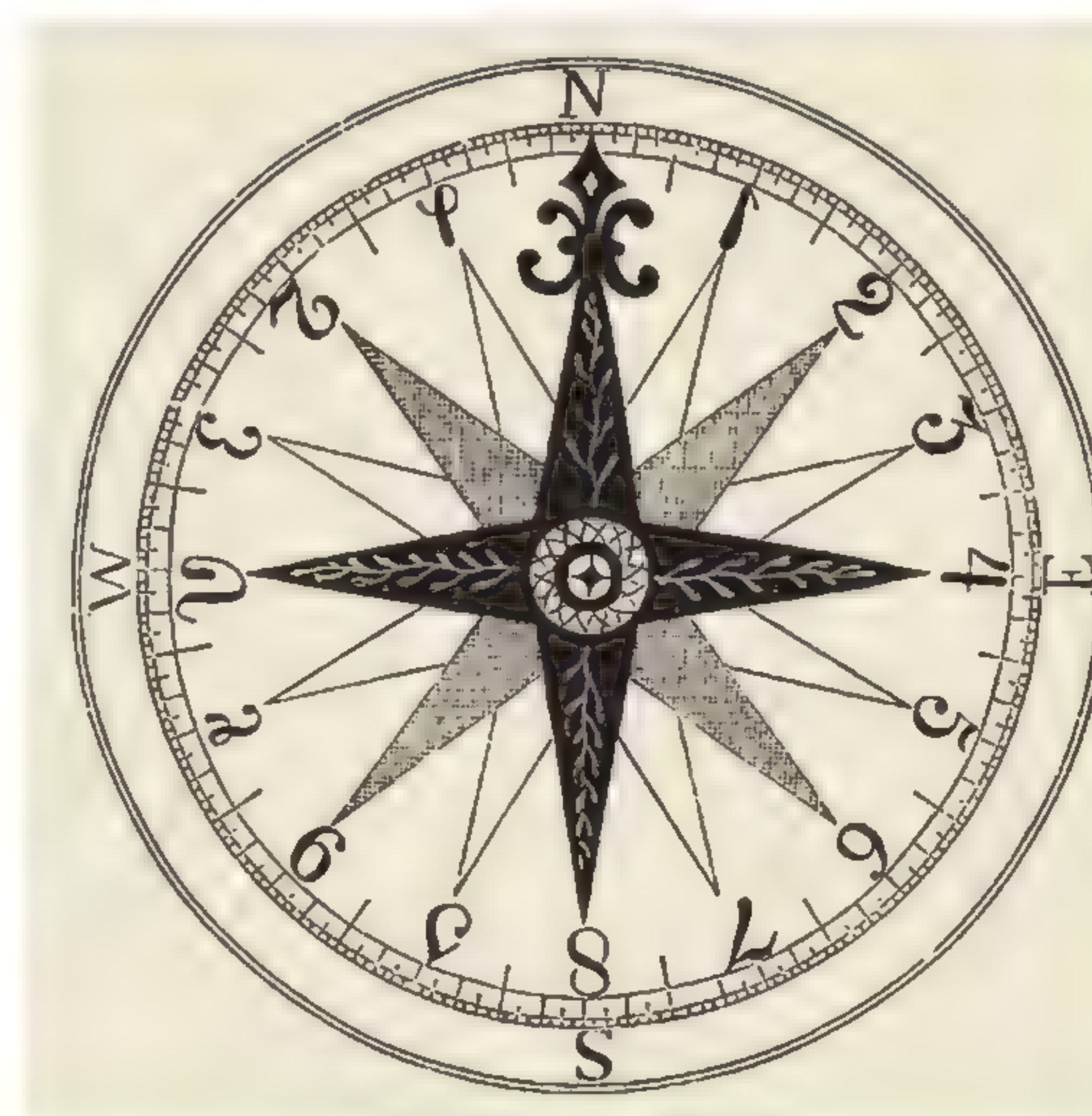
тавлены соответственно значения 0, 4, 10 и 8.

И вот что ещё интересно. Для вычислений в тональной системе Нистром предложил использовать счётный прибор, аналогичный русским счётам, но с шестнадцатью костяшками на каждой проволоке.



Во введении к выше упомянутой книге Нистром привёл своё письмо в Британское отделение Международной десятичной ассоциации, датированное маем 1859 года, в котором сообщал о том, что идея использования новой системы возникла у него некоторое время назад во время путешествия по реке Волге из Твери в Царицын...

Джон Нистром разработал также набор правил, по которым формировались названия всех чисел. Они были основаны на комбинировании названия числа 10 его системы (то есть десятичного числа 16) — *ton* и кратных ему чисел с названиями однозначных чисел от 1 до φ, то есть 1 он назвал — *an*, 2 — *de*, тогда 11 — *tonan*, 20 — *deton*, 21 — *detonan* и так далее.





На снегу! Ледничник (*Boreus* sp.) адаптирован к холоду и гибнет при обычной для других насекомых температуре.

ЭКСТРЕМАЛЫ В ПРИРОДЕ, или О ПРЕДЕЛАХ ВЫНОСЛИВОСТИ

Кандидат биологических наук Римма СЕЙФУЛИНА.
Фото автора.

Мир животных и растений удивительно многообразен. Есть среди них рекордсмены — гиганты и малютки, есть обладатели живых каркасов, обеспечивающих прочную опору и надёжную защиту*. А есть отчаянные экстремалы. Сегодня наш рассказ — о стойках. Они выбрали себе жизнь, какой не позавидуешь, и везде сумели освоиться.

На свете немало уголков, где жизни, казалось бы, нет места. Горячие источники, ледники, безводные пустыни, пересолённые водоёмы, ядовитые подводные курильщики... Но выясняется, что и в них есть свои обитатели. Зачем же им жить в экстремальных условиях? Есть в таких местах своя притягательность, и со-

стоит она в том, что желающих обживать их немного. А это означает низкую конкуренцию. При всём при том энергии и необходимых веществ тут, как правило, хватает, и, следовательно, всегда будет «заказ» от природы на освоение этих ресурсов. Стоит только как следует приспособиться. Но в

См. статьи Р. Сейфулиной «От мала до велика» («Наука и жизнь» №№ 10, 11, 2023 г.) и «Защита и опора» («Наука и жизнь» № 12, 2023 г.).

этом-то и заключается самая большая сложность.

Есть ещё одна причина, почему некоторые живые организмы оказываются на самом неудобье, — их туда вытесняют более удачливые соперники. К примеру, многих обитателей подземных вод, пещер, колодцев причисляют к остаткам древней фауны. А на поверхности они не сохранились, потому что уступили место своим последователям.

Если кому и следует дать приз за выносливость, так это археям (*Archaea*) — самым старым организмам на планете, родственными бактериям. Они могут жить в кипятке, чистой кислоте, щёлочи, крутом рассоле. Этих микробов много в холодных полярных водах, а в самых глубоких впадинах океана археи составляют большинство живых организмов.

Страсть микробов к суровой жизни иногда имеет вполне логичное объяснение. Некоторые субстраты для получения энергии доступны им только в такой ситуации. В нормальных же условиях эти вещества самоокисляются или «портятся» каким-нибудь другим образом. К примеру, аммиак и водород, жизненно важные для некоторых микробов, могут быть получены, соответственно, лишь в щелочной либо кислой среде.

Самые стойкие археи выдерживают запредельную жару. Известно, что происходит с куриным белком в кипящей воде: он сворачивается. Казалось бы, ни одно живое существо не выживет при температуре выше 100°C. Но нет! Архея метанопирус (*Methanopyrus kandleri*) прекрасно растёт при 122°C, и это термический рекорд. Температура, при которой необратимо меняются нормальные белки (около 60°), только закаляет теплолюбивую архею. Её белки в такой

среде претерпевают небольшие изменения без фатального исхода.

И ладно бы микробы, но и многоклеточные, как оказалось, могут благоденствовать в крутом кипятке. Помпейский червь (*Alvinella pompejana*) со дна океана преспокойно плавает в горячих извержениях гидротермальных источников. И самое поразительное, что ему безразличны резкие стоградусные перепады температуры, ведь буквально в метре от его жилища вода ледяная. Отправляясь на прогулку, этот стойкий, как герой сказки Ершова, попеременно окунается то в ледяную воду, то в кипяток. В горячих вулканических источниках водятся и насекомые. Личинки некоторых мух — береговушек (*Ephydriidae*) и львинок (*Stratiomyidae*) благополучно развиваются в жидкости, разогретой до 65°C. В чуть более прохладной воде (45°C) способны жить круглые черви, улитки, рачки, тихоходки, водяные клещики.

Справедливости ради надо сказать, что толерантность к термическим условиям, какую демонстрирует помпейский червь, явление уникальное. Обычно экстремалы приспособлены к некоему температурному диапазону и комфортно себя чувствуют либо в жару, либо в холод. Живущие в кипятке микробы мёрзнут уже при 80°C, а приятная для нас водица, в какой купают младенцев, смертельно холодна для рачков термосбеннов (*Thermosbaenacea*). Холодолобные насекомые, наоборот, при комнатной температуре гибнут от перегрева.

Вопреки распространённому мнению, отнюдь не все букашки любят тепло и с наступлением холодов впадают в оцепенение. Ледничники (*Boreidae*), относящиеся к скорпионовым мухам (*Mecoptera*), активны на снегу. Даже на вечно холодных ан-



Лиственница (Larix sp.) — одно из самых холодоустойчивых деревьев — на зиму избавляется от хвои (в отличие от прочих наших хвойных).

насекомые могут снизить температуру замерзания своего тела до -60°C и даже ниже! Белковые антифризы содержатся и в крови рыб, обитающих в полярных водах. Они снижают точку замерзания жидкости до -2°C , а ниже этой отметки температура воды в океане не опускается. Многие животные, включая рыб, амфибий и рептилий, легко переносят полное замерзание. После оттаивания они возвращаются к нормальной жизни как ни в чём не бывало. Некоторые могут регулировать процесс замерзания своих тканей так, чтобы образующиеся кристаллы льда не разрушали клетки. Бабочка махаон в этом деле мастер, её куколка в замороженном состоянии может вытерпеть две сотни градусов ниже нуля!

Самые холодоустойчивые деревья — берёзы и лиственницы — как и должно, произрастают на севере и выдерживают морозы в -70°C . Самая стойкая водоросль — фукус (*Fucus spp.*) терпит -60°C .

А где растут наиболее устойчивые к засухе растения? Думаете, в пустыне? Как раз наоборот, в море, а точнее в его приливно-отливной зоне. Это те же бурые водоросли фукусы, выдерживающие десятикратную потерю влаги. А всё потому, что живут они в чрезвычайно экстремальных условиях — одновременно в воде и на суше. Ведь затопляемый приливом берег можно расценивать и как обнажаемое при отливе дно. Такое место называется литоралью.

Тот, кто выбрал своим адресом литораль, взялся за нелёгкое дело, ему нужно научиться обходиться без воды. И рыбы живут здесь сплошь



Литораль Белого моря, устланная обнажившимися при отливе водорослями.

Фукусы (Fucus sp.) способны вынести десятикратное обезвоживание.

Илистый прыгун (Periophthalmus sp.) относится к тем немногим рыбам, что способны подолгу обходиться без воды. Ведь мангровые заросли, где он обитает, — это по своим условиям ни вода, ни суша.



тарктических островах, да и на самом снежном континенте, Антарктиде, обитают бескрылые комары-звонцы (*Chironomidae*). В занятых снегами высокогорьях тоже есть «моржи» среди насекомых, как, впрочем, и среди небольшого числа других беспозвоночных. Иные кольчатые черви-энхитреиды (*Enchytraeidae*) ползают прямо по снегу на ледниковых склонах.

В крови хладнокровных животных при необходимости образуется антифриз, препятствующий промерзанию. Круг таких веществ довольно широк — это глицерин, различные сахара, спирты, аминокислоты, белки. Посредством антифризной добавки

Фото: Willow Gabriel, Goldstein Lab/Wikimedia Commons/CC BY-SA 2.5



Микроскопические тихоходки (*Tardigrada*), близкие к членистоногим, поражают своей живучестью.

особенные. Как ни странно это звучит, но уметь тонуть для них важнее, чем плавать, — иначе унесёт течением, потому и нет у литоральных рыбёшек плавательного пузыря. Дышат они не только жабрами, но и получа-

ют кислород из воздуха через кожу или ротовую полость. Ловко ползают на плавниках, а илистый прыгун (*Periopthalmus* spp.) может лазить по деревьям. Покрывающая тело слизь предотвращает высыхание, к тому же эти рыбы терпимы к обезвоживанию и не гибнут, потеряв из организма половину жидкости.

Вообще, есть одна общая проблема, которую приходится решать живым организмам в экстремальных условиях, — это потеря влаги. Справляются с ней по-разному, в зависимости от первоначальной причины. Но первый шаг обычно состоит в том, чтобы минимизировать испарение. А для этого нужно облачиться в водонепроницаемый «костюм». Вот его основные модели, разработанные в природном ателее: бронежилет, восковый покров, футляр из сухой плёнки и слизистый чехол.

Жизнь во временных водоёмах ещё более сложна, чем на литорали. Ожидание воды, длящееся не часы, а месяцы или даже годы, по силам вынести только самым живучим. В такой ситуации лучший способ убежать от высыхания — это поддаться ему. Например, капельная влага, недолговечная по определению, имеет свой штат постоянных обитателей. Крохотные тихоходки (*Tardigrada*) из их числа. Находясь под вечной угрозой высыхания, они выработали против него замечательные приспособления. Когда условия меняются в худшую сторону, беспозвоночное покрывается восковой плёнкой, втягивает лапки внутрь и превращается в су-

Лишайник олений мох, или ягель (*Cladonia* sp.), без какого-либо ущерба переносит самые суровые зимы. В холодную пору — это единственный зелёный корм для диких копытных.



хой комочек, в котором остаются только сохлые доли первоначальной влаги. В таком состоянии, называемом ангидробиоз, тихоходки выдерживают самые невероятные испытания и воскресают через годы, десятилетия небытия, стоит лишь попасть в воду.

Учёные экспериментировали со спящими тихоходками, пытались выяснить пределы их выносливости. Бедных крох кипятили, замораживали при -200°C , помещали под колоссальное давление, оставляли в вакууме и ядовитом газе, облучали ультрафиолетом, отправляли в открытый космос. Во всех этих опытах хоть часть особей, да выжили, не потеряв при этом способности к размножению.

Мелкие бассейны в изобилии возникают после дождя, особенно в скалистой местности. Понятно, что они довольно быстро высыхают, а вместе с ними и их население. Но не все при этом погибают. Микроорганизмы и мельчайшие беспозвоночные прячут-



Бурый протоптер (*Protopterus annectens*) из Африки может более года обходиться без воды, будучи в спячке.

ся в капсулах с толстыми стенками, называемых цистами. Насекомые и те, бывает, приспособляются к высыханию. Таковы личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*), обитающих в горах. До следующего дождя они превращаются в сухонный мотыль,



В совсем безжизненных местах, таких как каменистая пустыня, растения превращаются в форменные колючки. К этому их понуждают вдвойне сложные условия — острый недостаток влаги и крайне бедная почва.

который без ущерба для своего здоровья может храниться практически при температуре абсолютного нуля (-273°C). Такими же стойкими становятся после высыхания и некоторые растения-экстремалы. Мхи и лишайники, к примеру, выдерживают нагрев до 100°C и такое же охлаждение.

Одни из самых засушливых регионов земного шара располагаются на Африканском континенте. Там в периодически пересыхающих водоёмах обитает самая, пожалуй, выносливая рыба — протоптер (*Protopterus* spp.). Остальные рыбы переживают сухой сезон в крупных реках и озёрах, мигрируя туда по мере спада воды. Но верный своей «малой родине» протоптер не уплывает ни при каких обстоятельствах. Он уходит на полуметровую глубину в ил. Такое было бы невозможно, если бы двоякодышащие рыбы (*Dipnoi*), к каковым относится и протоптер, не умели дышать атмосфер-

ным воздухом. Когда воды остаётся чуть-чуть, эта чудо-рыба роет нору и сворачивается в клубочек. Благодаря тончайшему кокону из засохшей слизи, плотно покрывающему тело, кожа сохраняется увлажнённой. За время спячки рыба «съедает» около четверти своего мяса, а в тканях накапливается такое количество мочевины, которое в 2000 раз больше допустимого у любого другого животного. Трудно представить, что в «каменном» грунте, в который превращается дно высохшего водоёма, может находиться живая рыба.

Население пустынь целиком и полностью можно отнести к экстремалам. Оно приспособилось одновременно к низкой влажности, дефициту воды и высокой температуре. Главная стратегия выживания в пустыне — жёстчайшая экономия воды. У рептилий она доведена до предела. Они не тратят драгоценную воду на выведение про-



Обитающие на сильно засоленных почвах солеросы (*Salicornia* sp.) относятся к растениям-суккулентам наряду с кактусами и им подобными.

дуктов обмена как другие позвоночные, и мочева кислота выделяется в виде кристаллов.

Потерю воды предотвращают очень жёсткие покровы. Крепчайший панцирь пустынных членистоногих, чешуя рептилий, толстый восковый слой на растительности — всё это приспособления против обезвоживания. Пустынные растения, кроме того, сократили до минимума поверхность листьев, через которые идёт испарение. Так, акация и саксаул превратили свои листья в зелёные чешуйки, а кактусы и им подобные «ежики» — в колючки. Общая площадь колючек или чешуек несоизмеримо меньше, чем у обычной листвы. Желаящих их есть немного, но не оттого, что они такие нестандартные. Воздух в пустыне очень сух и горяч, поэтому многие растительные насекомые переселились в почву и стали питаться корнями растений.

Обитатели засушливых мест обходятся мизерным количеством воды и

умеют добыть её там, где не могут другие. Ящерица молох (*Moloch horridus*) извлекает пустынную росу даже из песка. Роса и туман служат основным источником влаги и для большинства растений. Другие, как например верблюжья колючка (*Alhagi* spp.), добываются до грунтовых вод своими длинными корнями. Грызуны довольствуются содержащейся в семенах жидкостью. Многие пустынные жители научились запасать воду. Растения хранят её в мясистых, сочных стеблях и крупных корнеплодах.

Наиболее засухоустойчивые создания, в частности жуки-чернотелки, вообще обходятся без жидкости, а точнее без каких-либо её внешних источников. Им хватает той воды, что образуется в организме в процессе жизнедеятельности из углеводов и жиров. Живут они даже в абсолютно сухих пустынях, где нет растительности и никогда не бывает дождей. Питаются приносимыми ветром сухими остатками растений. Эти насе-



Чёрный цвет часто встречается у членистоногих обитателей пустыни. Такая окраска защищает организм от губительных коротких солнечных лучей. Целое семейство жуков так и называли — чернотелки (*Tenebrionidae*). Многие из них живут в безводных пустынях, где нет растительности и дождей. Необходимая влага образуется в организме жука в ходе обмена веществ.



Златка изменчивая (*Julodis variolaris*), называемая также пустынной, — яркий пример адаптации к жизни в пустыне. Как правило, личинки златок (*Buprestidae*) развиваются в древесине, но данный вид перешёл на питание корнями растений, переселившись от зноя в почву. Саксаул (*Haloxylop* sp.), на котором сидит изображённый жук, — ещё один пример приспособления к засушливым условиям.



Растущие на солончаках солянки (Salsola sp.) похожи на колючки.

комые настолько нетребовательны, что их используют в качестве моделей в длительных космических экспериментах. Некоторые чернотелки способны год продержаться в герметично запаянной колбе с кусочком сухого листика. Верблюды могут подолгу не пить, поскольку получают влагу при переработке складированного в горбах жира. Так же используют свои жировые запасы некоторые тушканчики, суслики, черепахи.

Соль сушит не меньше солнечного зноя, поэтому обитатели очень солёных вод и почв вынуждены постоянно бороться с обезвоживанием. Солеросы и солянки даже выглядят как типичные засухоустойчивые растения. Различные солевыносливые микроорганизмы «подсаливают» своё внутреннее содержимое, чтобы уравновесить его с окружающей средой. Они могут содержать в своём составе удерживающий влагу глицерин или иные вещества с подобными свойствами. Удивительно, но даже в таком

месте, как Мёртвое море, где дно устлано кусками осаждённой соли, есть своя жизнь. Там водятся археи, микроскопические грибы, одноклеточные водоросли.

Нефть для живых существ — это форменная отравка, которая к тому же сильно разогревается на солнце. Тем не менее в ней могут обитать микроорганизмы, их даже пробуют как-то использовать. Микробы чем только не питаются, и найти их в нефти не такое уж диво. А вот то, что в нефтяных лужах преспокойно живут мухи, вызывает изумление. Личинки нефтяных мух (*Diasemocera petrolei*) водятся только в вышеозначенных «водоёмах» Калифорнии. Питаются они увязшими в нефти насекомыми, попутно глотая и её саму. Однако жизнь нефтемухе это никак не осложняет. За долгую свою историю она прекрасно приспособилась к такому бытию. Ведь разливы сырой нефти, смоляные ямы и прочие подобные образования существуют на Земле с незапамятных времён.

ЧИСЛО ГОДА 2024

Попробуйте отыскать разные способы представления числа 2024.

Используя как можно меньше одинаковых цифр и любые математические символы и знаки действий, получить число 2024. Цифры можно группировать в числа.

Например,
 $(1 + 1) \times (1111 - 11 \times (11 - 1 - 1)) = 2024;$
 $333 \times 3! + 3^3 - 3 : 3 = 2024.$

Получить число 2024, используя ряд возрастающих цифр. Цифры можно группировать в числа, не нарушая порядка их следования.

Получить число 2024, используя ряд убывающих цифр. Цифры можно группировать в числа, не нарушая порядка их следования.

Число 2024 можно представить как сумму квадратов последовательных чётных чисел от 2 до 22 включительно:

$$2^2 + 4^2 + 6^2 + \dots + 18^2 + 20^2 + 22^2 = 2024.$$

Попробуйте также представить 2024 как:

а) сумму квадратов нескольких чисел (необязательно последовательных);

б) сумму разных степеней нескольких чисел, где в основаниях степеней использованы по одному разу все цифры от 0 до 9 (цифры можно группировать в числа);

в) сумму степеней, показателями которых служат все числа от 0 до 9;

г) сумму кубов пяти чисел;

д) разность квадратов двух чисел.

Число 2024 представить в виде числового палиндрома, где относительно середины симметричны как цифры, так и знаки действий. Например:

$$3 + 6 + 7 + 64 + 102 + 985 + 5 + 589 + 201 + 46 + 7 + 6 + 3 = 2024.$$



Иллюстрация: Fast Stable Diffusion XL и Зоя Флоринская

Число 2024 представить в виде суммы, где каждое слагаемое — палиндром. Например:

$$22 + 44 + 333 + 434 + 545 + 646 = 2024.$$

Получить число 2024 как сумму 11, 16 и 23 последовательных чисел.

Существуют 8 различных прямоугольников с целочисленными сторонами, площадь которых равна 2024. Найти стороны этих прямоугольников.

Существуют 16 различных прямоугольных параллелепипедов с целочисленными рёбрами, объём которых равен 2024. Чему равны рёбра этих параллелепипедов?

Составил Юрий ПОПОВ (г. Воронеж).
 (Ответы в одном из следующих номеров.)

● МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ДОСУГИ



ИСТОРИЯ МОРКОВКИ

Американские ботаники исследовали происхождение всем известного корнеплода и пришли к неожиданным выводам. Они провели анализ 630 образцов со всего света, в том числе редких сортов и разновидностей, и даже 95 диких предков моркови, до сих пор растущих в Тунисе, Ливии, Египте и в некоторых странах Азии. По результатам геномного анализа,



Фото: American Museum of Natural History/Wikimedia Commons/CC 0

Этот снимок даёт некоторое представление о разнообразии современных сортов моркови.

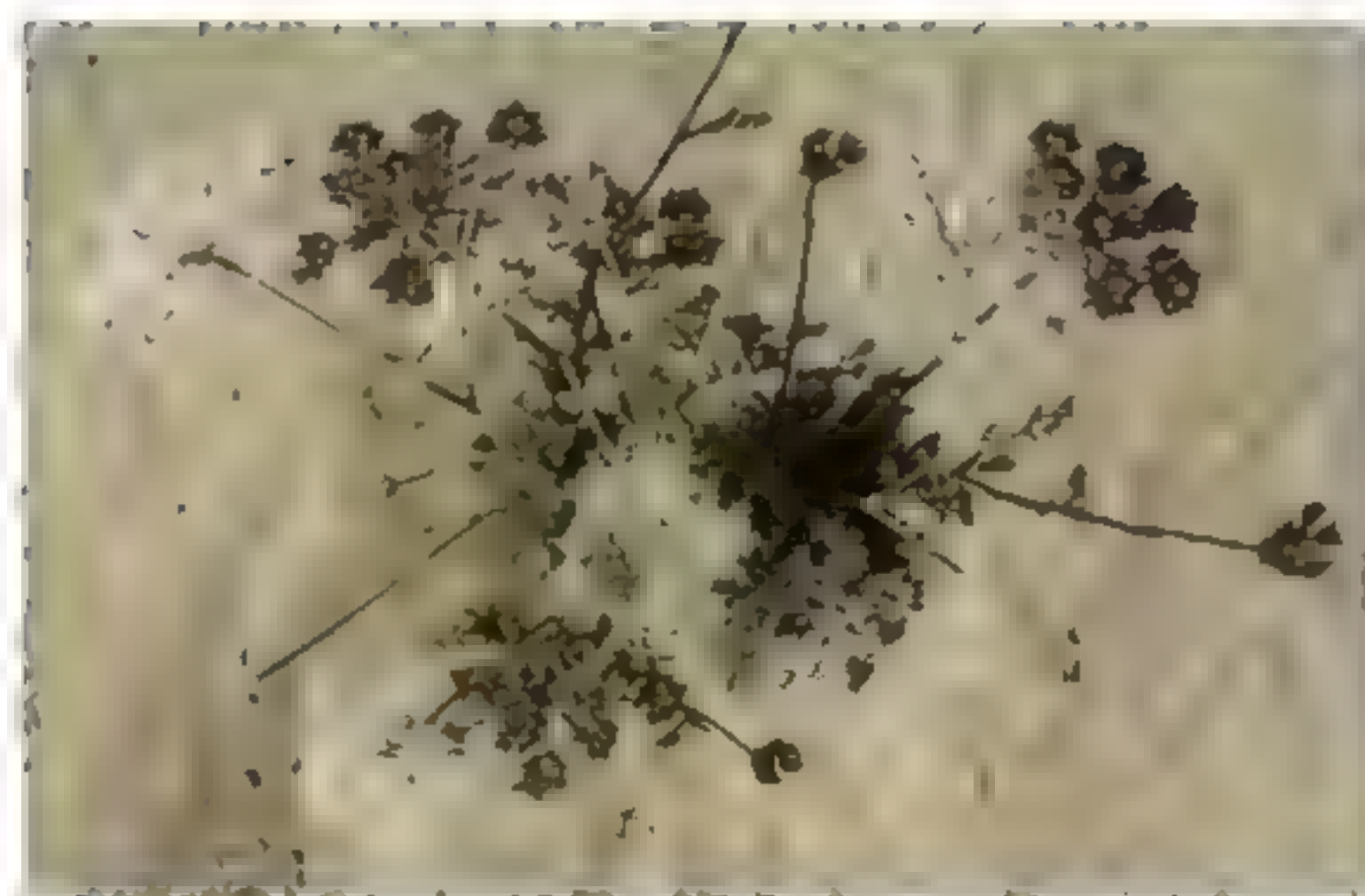


Фото: Claude Lemmel and Zahora Attouli/Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0

Морковь из Сахары, *Daucus sahariensis*.

а также по свидетельствам в старинных документах (в основном в списках рациона императоров, богдыханов, шахов и прочей знати), морковь в том виде, в каком мы её знаем, выведена в Персии народными селекционерами сравнительно недавно, в IX—X веках, то есть в раннем Средневековье. Польститься на сероватое, длинное и тонкое корневище *Daucus syrticus* или *Daucus sahariensis* дикорастущего вида, совсем не похожее на современную морковь, мог только очень голодный человек.

Но, видимо, чем-то эти растения всё-таки привлекли людское внимание, раз ими за-



Фото: Natural History Museum, London/Wikimedia Commons/CC BY 4.0

Daucus syrticus с северо-запада Африки, один из прародителей современной моркови.



Фото: Jani Treadwell-Hoy/Wikimedia/CC 0

В парке новозеландского городка Охакуне, в окрестностях которого издавна выращивают морковь для всей Новой Зеландии (экспортируют и на соседние острова), воздвигнут памятник этому овощу. Высота монумента 7,5 м.

нялись огородники. Во всяком случае, они точно не могли предвидеть, что будущие сорта этого овоща окажутся важным источником витамина А, открытого только в 1913 году (формулу вывели в 1931-м, а получили в виде кристаллов в 1937-м; синтезируют на химических заводах с 1947 года). В организме человека каротин, придающий моркови её морковный цвет, преобразуется в витамин А, правда, с низким КПД и с большими потерями по пути. В разных сортах моркови бывает от 8 до 25 миллиграммов каротина на 100 г корнеплода, в зависимости от яркости окраски. В ходе многовековой селекции, главным образом в Европе, корнеплоды, исходно жёлтые или фиолетовые, пришедшие из Азии, покраснели и стали значительно толще. Селекция повлияла не только на

цвет и размер моркови, но и на сроки цветения. Морковь — двулетнее растение, но огородники сумели постепенно отложить цветение, после которого корень становится жёстким, деревянистым и невкусным, на более поздние сроки. Сами не зная этого, они вывели разновидности с тремя генами, способствующими накоплению каротиноидов, и с несколькими, обеспечивающими задержку цветения. Геномный анализ показал, что генетическое разнообразие дикой моркови значительно выше, чем у возделываемой сейчас на огородах по всему миру, хотя и культурной моркови известно несколько сот сортов. Их используют в самых разных видах, в Германии до сих пор можно отведать морковный кофе.

ЗАМЕДЛИТЬ СТАРЕНИЕ

С середины XX века средняя продолжительность жизни для граждан всех стран выросла более чем на двадцать лет, что по подсчётам английского журнала «The Economist» эквивалентно приросту примерно на 18 недель в год. Но каковы дальнейшие перспективы?

Количество людей старше 100 лет, по предсказаниям геронтологов и экономистов исследовательского центра Пью, к 2050 году составит 3,7 миллиона (в 2015 году их насчитывалось 450 тыс. человек), а доля долгожителей в возрастной структуре населения увеличится в три раза. Правда, лишь один из тысячи этих людей преклонного возраста переживёт порог в 110 лет, и в истории не было достоверно зафиксированных случаев празднования, например, 120-го дня рождения. Кроме того, надо помнить, что последние годы, а то и десятилетия жизни проходят, как правило, в не очень хорошем физическом и психическом состоянии.

Официальная медицина не относится к старению как к болезни. Так, американская правительственная организация, отвечающая за качество медикаментов и медицинских услуг, не считает пожилой возраст болезнью и, соответственно, отказывается регистрировать новые «лекарства от старости». Обычными средствами продлить жизнь считаются правильное

питание, физическая активность и упорядоченный режим дня. Тем не менее постепенно накапливаются сведения в пользу того, что фармакологический путь продления жизни может оказаться реальным, по крайней мере, для мышей. К этим излюбленным объектам биологов добавились также дрожжи, дрозофилы, нематоды и в последние годы обезьяны, удлинить жизнь которых вроде бы удаётся теми или иными химическими соединениями. Успехи молекулярной генетики позволяют надеяться, что когда-то мы научимся и перепрограммировать гены, связанные с продолжительностью жизни.

Но почему вообще всё живое когда-то умирает? «Конструктор» живого, эволюция, заинтересована не в долгой жизни, а в успешном размножении. Этим может объясняться появление к старости болезни Альцгеймера, паркинсонизма, диабета 2-го типа, дегенерации сетчатки, рака. Кстати, по некоторым данным, один из генов, вызывающих в старости болезнь Альцгеймера, у молодых людей обеспечивает репродуктивные преимущества. С эволюционной точки зрения, после того как организм оставил побольше потомства, жить дальше ему не обязательно. (Хотя у многих видов особи, отслужившие своё на поприще размножения, участвуют в воспитании младшего поколения.)

Однако многие гены имеют варианты, которые могут увеличивать или снижать риск определённых болезней. Как показали в 2014 году сотрудники Королевского колледжа в Лондоне, у столетних долгожителей реже остального населения встречаются злокачественные опухоли и болезни сердца. Но то же исследование показало, что те, чей возраст перевалил за 100, чаще умирают от общей слабости и от пневмонии, чем представители возрастной группы 80—84 года.

Группа геронтологов из университета Овьедо (Испания) составила с участием английских, немецких и французских коллег список 12 признаков старения, которые со временем ускоряют процесс. В список этих факторов входят нестабильность генома, старение клеток, дисфункция митохондрий, сокращение теломер (концы хромосом при каждом делении клетки со-

кращаются, и со временем укоротившаяся хромосома перестаёт работать), истощение стволовых клеток, которые дают начало всем другим, накопление со временем дефектных белков с нехваткой или избытком каких-то фрагментов молекулы, замедление деятельности макрофагов, пожирающих дефектные клетки, дисбиоз, то есть нарушения в составе полезной кишечной микрофлоры, хронические воспаления... Сами клетки стареют: после 60 лет в разных тканях организма накапливается в 10 раз больше таких дефектных компонентов, чем у молодёжи до 35 лет. Ослабевает коммуникация между клетками. Все эти факторы и процессы взаимосвязаны сложным, не до конца понятным образом, ускоряя или замедляя старение. Медицина уже сейчас может отсрочить, замедлить появление некоторых из этих явлений или даже повернуть их вспять.

Впрочем, бессмертия наука не обеспечит никогда, да это и к лучшему.

ГЕОЛОГИ ИДУТ ПО СЛЕДАМ МИФОВ

В 1880-х годах американский журналист Уильям Стил (1854—1934) заинтересовался историей озера Крейтер (Crater Lake) в штате Орегон. Озеро было так названо географами, потому что к этому времени наука уже знала, что оно явно имеет вулканическое происхождение. За более подробными сведениями Уильям Стил обратился к индейцам местного племени кламатов, живущего здесь испокон веков. Письменности у них не было, но сохранялись устные предания, передававшиеся из поколения в поколение. Согласно этим рассказам, под озером скрывается злой дух по имени Лао, до того обитавший в вулкане, который был на месте озера. В далёком прошлом Лао наводил ужас на индейцев, сотрясая их исконные владения, заливая их лавой и засыпая раскалёнными камнями. К счастью, вскоре вмешался добрый дух Скелл, он обрушил вулкан вместе с Лао глубоко под землю. Хотя с тех пор прошло очень много лет (ближе к нашему времени геологи установили, что катастрофическое извержение произошло около 7700 лет



Фото: Gpww/Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0

Озеро Ичем в Австралии, штат Квинсленд, имеет вулканическое происхождение, оно возникло около 9000 лет назад.



Фото: Planet Labs, Inc./Wikimedia Commons/CC BY-SA 4.0

Спутниковый снимок озера Крейтер в штате Орегон (США).

назад), индейцы опасались подходить к озеру, а по просьбе Стила, подкреплённой монетами, всё же подойдя, опускали глаза долу, отказываясь видеть озеро,

бормотали заклинания и делали магические жесты. Память передавалась на протяжении почти 300 поколений и не утасла до сих пор.

Рассказы о подобных событиях сохранились и у аборигенов Австралии. Племена, живущие вблизи озера Ичем, рассказывают: «Место, где разместились наша стоянка, начало меняться. Земля под нами гремела, как гром, она начала ходить волнами и трескаться. Задул сильный ветер, ураган. В небе стояло красное облако, никогда не виданное раньше. Люди пытались убежать, но разверзшаяся земля многих поглотила. Бежавших окутывали чёрные облака сажи, они задыхались. По рекам вместо воды тёк огонь» (это воспоминание о потоках вулканической лавы). По современным оценкам, в предании описано извержение вулкана Кинрара, случившееся более 9000 лет назад.

Конечно, многие такие легенды украшались введением сверхъестественных действующих лиц, духов вроде Ллао и Скелла, либо великанов, способных перемещать целые острова. Такие украшения способствовали закреплению рассказанного в памяти первых слушателей и гарантировали, что история будет много раз пересказываться. Однако когда пришельцы из Европы фиксировали рассказанное местными жителями на бумаге, они уже относились к услышанному как к чистой сказке, цветистому вымыслу.

Предания об исчезнувших землях существовали не только в экзотических странах, но и в Европе, значительно лучше изученной географами, геологами и историками. Известный в своё время английский археолог Осберт Кроуфорд (1886—1957), изучавший в основном древности Британских островов, собрал сказания о «пропавшей земле» Лайонесс, она же Лоонул, упоминаемой в легендах о рыцарях Круглого стола, особенно в повести о Тристане и Изольде. Эта земля якобы существовала между юго-западной оконечностью полуострова Корнуолл и архипелагом Силли в проливе Ла-Манш и скрылась под водой в середине X или XI века. В наше время географы считают, что 4—5 тысяч лет назад после быстрого подъёма уровня океана из-за таяния огромных ледников часть архипелага Силли оказалась залита водой, оставив на поверхности разрозненные островки. Действительно, под водой в архипелаге Силли обнаруже-

ны остатки каменных стен. Эти события могли сохраниться в устной передаче, а позже были записаны этнографами.

ЦИФРЫ И ФАКТЫ

■ На границе между Чили и Аргентиной, в Андах на высоте 6739 м над уровнем моря, нашли самое высокогорное млекопитающее — листоухого хомячка *Phyllotis vassacum*. До сих пор этот титул принадлежал большеухой пищухе *Ochotona macrotis*, обитающей в Гималаях на высоте 5182 м над уровнем моря.

■ Ежегодно в мире пациентам имплантируется более миллиона биоэлектронных устройств, в основном это регуляторы ритма сокращений сердца.

■ По прогнозам, в 2024 году электромобилей в мире будет продано больше, чем авто с обычным двигателем внутреннего сгорания.

■ Шведские зоологи прикинули, как долго ещё может продолжаться «перепись» птиц, млекопитающих и амфибий Африки. Получилось, что для того, чтобы открыть хотя бы половину ещё не известных видов, при нынешнем темпе работы потребуется ещё порядка 160 лет. А изучение насекомых, рептилий и растений займёт несколько веков.

■ Международное энергетическое агентство считает, что в 2024 году солнечные и ветровые электростанции мира превзойдут по общей мощности тепловые. Страны Европы за 2023 год повысили мощность своих солнечных электростанций более чем на 50 гигаватт.

■ Опыты, проведённые в США, показали, что некоторые сорта риса способны успешно расти на субстрате, имитирующем марсианскую почву. Так что будущие колонисты на Марсе смогут выращивать для себя рис в герметически закрытых теплицах.

В материалах рубрики использованы сообщения следующих журналов: «Nature», «The Conversation», «The Economist» (Великобритания), «American Scientist», «Cell», «Science News» (США) и «Der Spiegel» (Германия).

В 1858 году немецкий естествоиспытатель Фердинанд фон Мюллер, ботаник в правительстве австралийского штата Виктория, назвал один род эндемичных орехоплодных растений макадамией. Сделал он это в знак признательности заслуг своего друга и коллеги Джона Макадама, молодого шотландского химика, перебравшегося в Австралию и занимавшегося преподаванием и организацией научных экспедиций.

Все виды макадамии происходят из Восточной Австралии. Макадамия тройчатоллистная (*Macadamia ternifolia*), ботаническое описание которой как типового вида дал фон Мюллер, — это дерево до 15 м высотой. В настоящее время к роду Макадамия, который входит в семейство Протеиновые (Proteaceae), относят только четыре вида. Ещё недавно их насчитывалось около десятка, но в результате филогенетических исследований классификацию уточнили.

Плоды макадамии имеют мясистый околоплодник и шаровидное семя, 1—2 см в диаметре, которое покрыто прочной зеленовато-коричневой семенной кожурой, обычно называемой скорлупой. У зрелых плодов она очень твёрдая и разбива-

Ядра орехов макадамии культивируемых сортов достигают 20 мм в диаметре.



● КУЛИНАРНЫЕ ИСТОРИИ

АВСТРАЛИЙСКИЙ ОРЕХ МАКАДАМИЯ

Кандидат фармацевтических наук
Игорь СОКОЛЬСКИЙ.

Пока ореха не расколешь — ядра не съешь.

Народная австралийская пословица

ется с большим трудом, но результат оправдывает затраченные усилия, поскольку ядра довольно вкусные. Коренные жители Австралии собирали и ели их, по-видимому, с незапамятных времён. Одно из местных названий этих орехов — киндаль.

Без дополнительной обработки съедобны орехи двух видов макадамии — *Macadamia tetraphylla* и *Macadamia integrifolia*.

Уже в конце XIX века их стали выращивать как культурные растения на плантациях в австралийском штате Квинсленд и поставлять в Европу под названием квинслендский орех. Сейчас в Квинсленде собирают от 50 до 70% поступающих на мировой рынок орехов макадамии. Плантации макадамии также существуют в ЮАР, Калифорнии и на Гавайских островах.

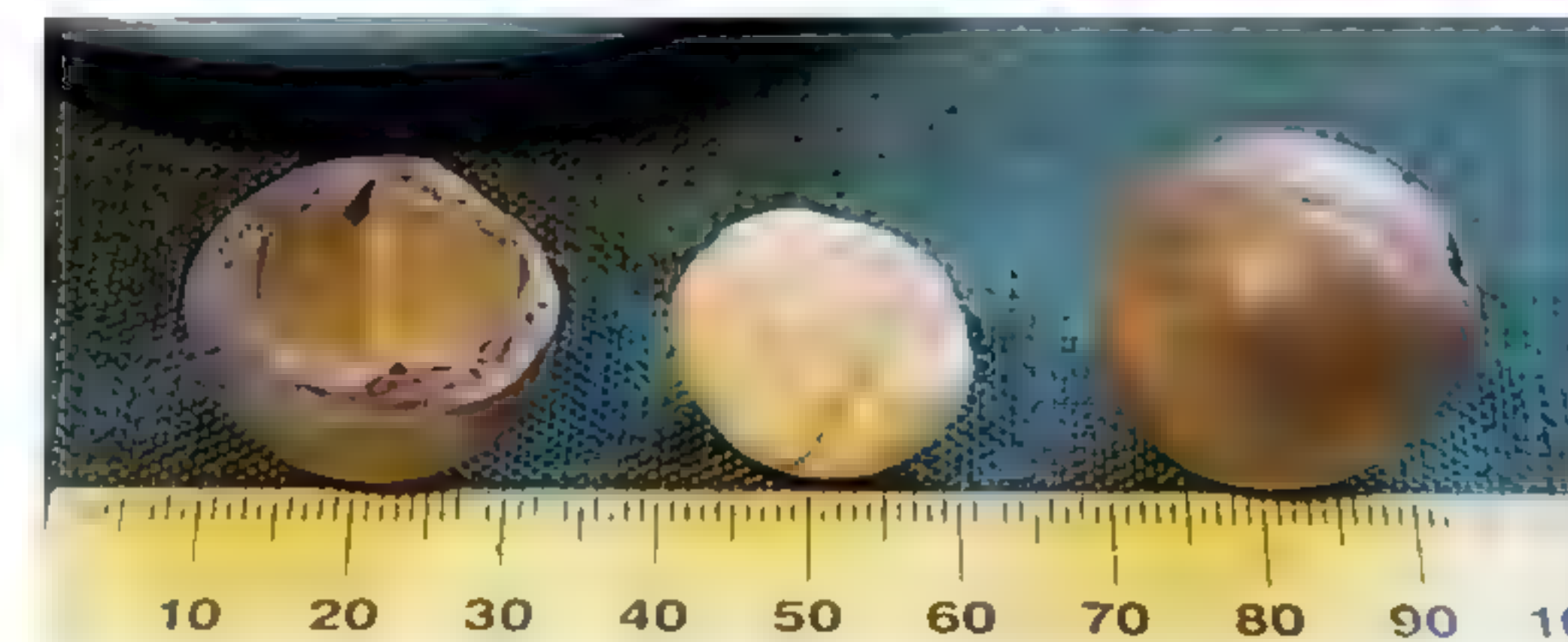


фото Екатерины Меховой (2)



Макадамия тройчатолистная. Художник Л. Беккер. Рисунок из издания: *Transactions of the Philosophical Institute of Victoria*, vol. 2 (1858).

Макадамия прижилась в Китае, который постепенно стал выходить с этим товаром на международные рынки. Из-за сложности выращивания и сбора плодов макадамия считается одним из самых дорогих орехов в мире.

В европейских странах продают главным образом уже очищенные от твёрдой оболочки ядра.

100 г семян макадамии содержат в среднем 1,5 г воды, 8 г белков, 75 г жиров, 14 г углеводов, 1 г минеральных веществ. Энергетическая ценность 718 ккал. Для сравнения: в тех же 100 г сырого очищенного фундука содержится 6 г воды, 14 г белков, 60 г жиров, 18 г углеводов, 2 г минеральных веществ. Энерге-

тическая ценность 629 ккал.

По аминокислотному составу белков, углеводам, витаминам, макро- и микроэлементам макадамия практически не отличается от всего того, что мы называем орехами, и несколько превосходит их по количеству жиров. Например, фундук и лесной орех уступают макадамии по количеству жиров, что и отражается в их более низкой калорийности (энергетической ценности). Но зато несколько превосходят по содержанию в жирном масле суммы моно- и полиненасыщенных жирных кислот (88%), тогда как у макадамии их сумма составляет 80%. Соответственно, содержание насыщенных жирных кислот в лесном орехе и фундуке в два раза ниже: 8% против 16% в макадамии.

Проведя довольно длительное изучение полезных свойств макадамии, австралийские исследователи сочли возможным утверждать, что эти орехи заслуживают того, чтобы их добавляли в диетическое питание, предназначенное для снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Макадамии также приписывают способность улучшать мозговую деятельность и состояние нервной системы, укреплять память, регулировать функции желудочно-кишечного тракта. Но всё же следует помнить, что чрез-



На длинных поникающих соцветиях мелкие беловато-кремовые цветки макадамии вида *Macadamia integrifolia*.

мерное увлечение макадамией может привести к несварению желудка и набору веса. Это один из самых калорийных видов орехов, и поэтому людям с намёком на излишнюю полноту следует ограничивать съедаемое количество 30—50 г в день.

Часть урожая макадамии используют для получения растительного масла. В зависимости от степени очистки оно может быть золотисто-жёлтое или почти бесцветное, со слабым приятным запахом. Подобно другим растительным маслам используется для заправки готовых блюд. Но гораздо в большем количестве масло макадамии употребляется в производстве косметических средств, предназначенных для ухода за телом. Оно хорошо впитывается, ув-

Плоды макадамии.





Целые орехи продают с надпилами на скорлупе и специальным металлическим ключом, который помогает их очистить.

обычно продают поджаренными, а также покрытыми слоем карамели или шоколада. Они хорошо сочетаются с кофе и душистыми крепкими винами типа хереса.

В Австралии макадамиию можно обнаружить в самых разнообразных кулинарных и кондитерских изделиях. Здесь смело сочетают дроблёные или тёртые орехи с любыми салатами, мясом ягнёнка и домашней птицы, блюдами из свинины и морепродуктов. Их добавляют в печенье, торты, мороженое, йогурты.

лажняет и смягчает кожу, возвращая ей естественный здоровый вид, придаёт блеск и упругость волосам. Входит в состав различных сортов высококачественного мыла.

Очищенные от твёрдой оболочки семена съедобны в сыром виде, но приятный «ореховый» маслянистый вкус приобретают, как и все орехи, после поджаривания. Целые ядра

Орешки макадамии в шоколаде.

Описывая вкус макадамии, нередко проводят сравнение со средиземноморским фундуком и нашим лесным орехом, отмечая нотки сливочного пломбира и шоколада. В полном согласии с народной пословицей «не разжевавши, вкуса не узнаешь» и соблюдая нейтралитет в оценке вкусовых достоинств тех и других орехов, автор предоставляет сделать это самим досточтимым читателям журнала.

Знакомиться со вкусом ядрышек австралийских орехов лучше всего, откусав их непосредственно в свежем или поджаренном



виде. А чтобы оценить, насколько макадамия способна улучшить вкусовые качества кондитерских изделий, можно посыпать поджаренными дроблёными ядрами любой пломбир

или приготовить печенье по рецептам, которые автор извлёк из глубин австралийского интернета и предлагает снисходительному вниманию читателей.

ПЕЧЕНЬЕ С МАКАДАМИЕЙ

180 г пшеничной муки,
115 г сливочного масла,
80 г коричневого сахара
(при отсутствии можно
заменить белым), 2 яйца,

120 г дроблёных орехов
макадамии, 100 г белой
шоколадной стружки,
1 ч. л. обжаренных семян
кунжута, 1/2 ч. л. цедры ли-
мона, 1/4 ч. л. соды, соль,
ванилин.



Растереть сливочное масло с сахаром, добавить взбитые с ванилином яйца (оставить 1 ст. л. для смазывания печенья перед выпечкой), перемешать до пышности. Всыпать просеянную муку, соду, соль, кунжут, цедру, замесить тесто, добавить половину дроблёных орехов макадамии, всю шоколадную стружку, перемешать. Десертной ложкой зачерпнуть порции смеси, скатать в небольшие шарики и выложить на противень, выстланный промасленной бумагой для выпечки, оставляя между печеньями пространство около 2 см, смазать оставшимся взбитым яйцом, вставить

несколько кусочков макадамии в каждое печенье. Выпекать в духовке с принудительной вентиляцией 25—30 минут при 150°C. Вынуть из духовки и дать остыть.

ОРЕХОВОЕ ПЕЧЕНЬЕ С ФИНИКАМИ

250 г сливочного масла,
180 г коричневого сахара,
1 яйцо, 300 г пшеничной
муки, 150 г нарезанных
фиников, 50 г дроблёных
орехов макадамии, 1 ч. л.
разрыхлителя, соль.

Растереть сливочное масло с сахаром, добавить взбитое яйцо, перемешать, добавить просеянную муку, финики, дроблёные орехи, замесить тесто. Десерт-



ной ложкой выложить на противень, выстланный бумагой для выпечки. Выпекать в духовке 10 минут при температуре 160°C до золотисто-коричневого

цвета. Вынуть из духовки и дать остыть.

*Печенье испекла
и сфотографировала
Екатерина Мехова.*

● ЛЮБИТЕЛЯМ ГОТОВИТЬ

Fantasiestücke

in Callot's Manier.

Blätter aus dem Tagebuche
eines reisenden Enthusiasten.



Mit einer Vorrede von Jean Paul.

Bamberg, 1814.
Neues Leseinstitut von E. F. Kunz.

Источник: etahoffmann.staatsbibliothek-berlin.de

Титульный лист первого издания книги Эрнста Теодора Гофмана
«Фантазии в манере Калло».
Гравюра Карла Фроша по карандашному рисунку Гофмана. 1814 год.
Берлинская государственная библиотека.

Фантастика была и остаётся одним из самых популярных литературных жанров. Многие считают её развлекательным «читивом», но в лучших своих образцах фантастика демонстрирует уровень отображения действительности, который недоступен реалистической прозе. Фундаментальные проблемы философии, изощрённые футурологические конструкции, яркие необычные концепции и обобщения, которые выходят за рамки обыденности, — всё это есть в фантастике. В цикле очерков речь пойдёт о том, как формировался жанр, как он взаимодействовал с передовыми научными изысканиями. Мы вспомним забытые имена и идеи, обратимся к малоизвестным страницам истории, чтобы стало понятно: фантастика не золушка из литературного «гетто», а полноценный вид искусства, который формирует наше мировоззрение.

НАУКА В ФАНТАСТИКЕ: ЭПИЗОДЫ ИСТОРИИ

Антон ПЕРВУШИН.

ДОСТОВЕРНЫЕ ЧУДЕСА ПРОГРЕССА

Фантастику как приём введения в повествование небывалого, нереального, чудесного использовали ещё со времён античности. Скажем, Аристотель в трактате «Поэтика» (Ars Poetica), написанном в 335 году до н. э., советовал: «Следует в трагедиях изображать удивительное, но особенно в эпосе можно изобразить немыслимое, благодаря которому главным образом и происходит удивительное».

Однако как литературный жанр (от французского слова *genre* — род, вид, племя) фантастику начали выделять относительно недавно. Исследователи её истории сходятся во мнении, что самым первым жанровым произведением следует считать роман «Франкенштейн, или Современный Прометей» (Frankenstein: or, The Modern Prometheus), написанный юной англичанкой Мэри Шелли (Годвин) летом 1816 года. Герой романа — гениальный учёный Виктор Франкенштейн — создаёт искусственного человека из частей трупов и оживляет его с помощью стимуляции электрическим током. К тому времени большую популярность обрёл готический роман — мистическая проза,

в которой действовали призраки, демоны и ожившие мертвецы. В чём же была новизна произведения Шелли? И понимала ли она, что открывает своим текстом оригинальное направление в литературе?

Ответ можно найти в предисловии к первому анонимному изданию «Франкенштейна» (1818): «Событие, на котором основана эта повесть, по мнению доктора [Эразма] Дарвина и некоторых немецких писателей-физиологов, не может считаться абсолютно невозможным. Не следует думать, что я хоть сколько-нибудь верю в подобный вымысел. Однако, взяв его за основу художественного творения, полагаю, что не просто сплела цепочку сверхъестественных ужасов. Происшествие, составляющее суть повествования, выгодно отличается от обычных рассказов о привидениях или колдовских чарах и привлекло меня новизной перипетий, им порождённых. Пусть и невозможно в действительности, оно позволяет воображению автора начертать картину человеческих страстей с большей полнотой и убедительностью, чем могут ему дать любые события реальной жизни».

→

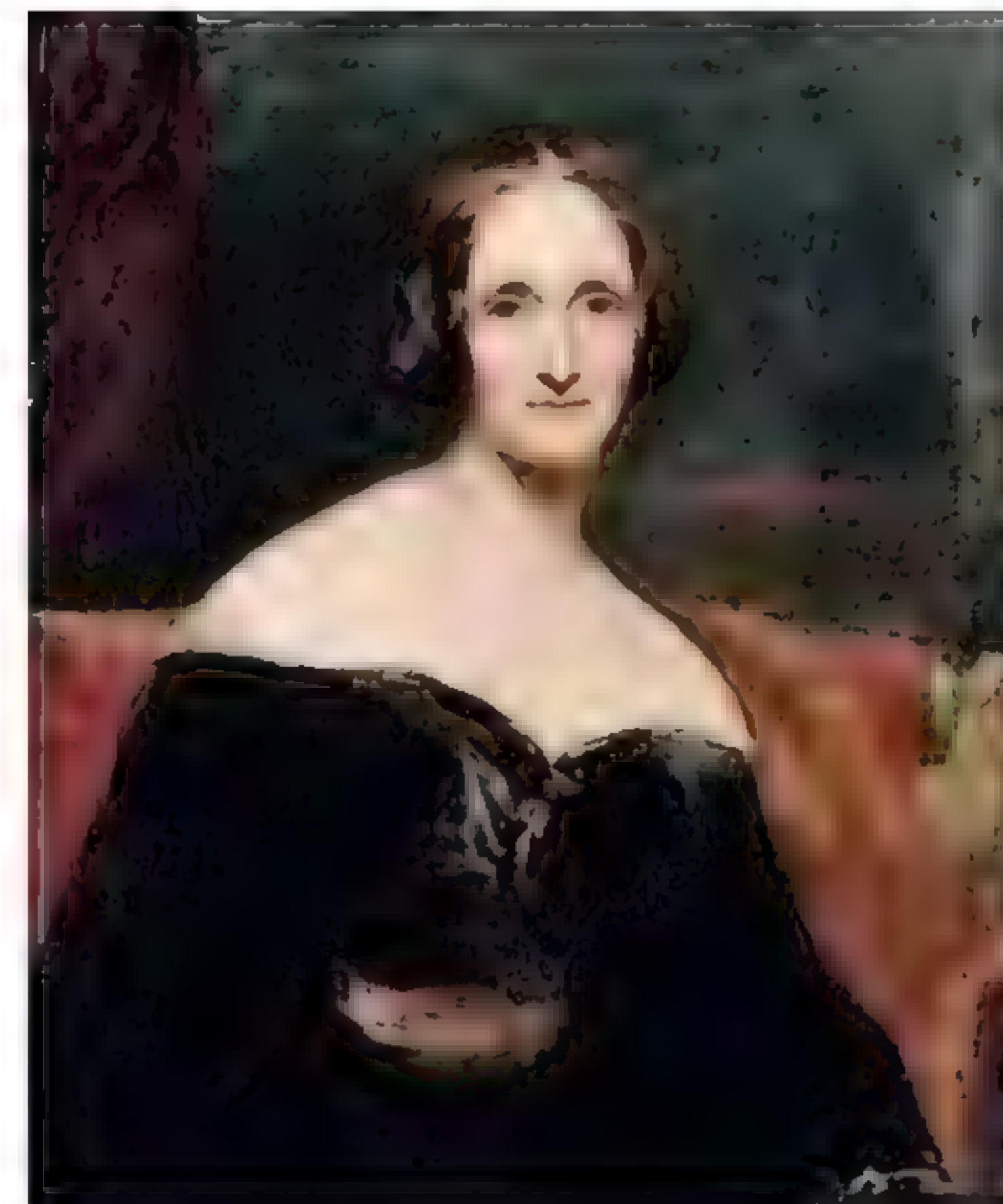
Позднее выяснилось, что предисловие написала не сама Мэри Шелли, а её муж — поэт Перси Шелли, однако вряд ли он сделал это без ведома жены. Если и не сразу, то через некоторое время она осознала, что, поменяв в готическом романе некроманта на учёного, изобрела

новый тип повествования, где откровенный вымысел выглядит реалистичным за счёт апелляции к рационализму и достижениям учёных. В тексте «Франкенштейна» мы также находим ожидания, которые образованные люди начала XIX века связывали с наукой: «Именно эти

учёные, которые, казалось бы, возятся в грязи и корпят над микроскопом и тигелем, именно они и совершили истинные чудеса. Они прослеживают природу в её сокровенных тайниках. Они поднимаются в небеса; они узнали, как обращается в нашем теле кровь и из чего состоит воздух, которым мы дышим. Они приобрели новую и почти безграничную власть; они повелевают небесным громом, могут воспроизвести землетрясение и даже бросают вызов невидимому миру».

Обращает на себя внимание и тема, которую выбрала Шелли, — искусственный человек. Ссылка на английского врача и натуралиста Эразма Дарвина, деда Чарльза Дарвина, здесь не случайна: в своих работах он пытался выявить механизм развития жизни и полагал, что существует некая сила («великая первопричина»), превращающая мёртвую материю в живое существо. В те времена передовым учёным казалось вполне реальным открыть эту силу и использовать для практической цели. Но в таком случае человек становился равным Творцу. И «новизна перипетий», о которых писал Перси Шелли, связана с тем, что возникает серьёзная философская проблема: способен ли смертный и отягощённый злом материального мира учёный создать нечто, равное творению Бога?..

Следующим писателем, который возвестил рождение нового жанра, стал американец Эдгар Аллан По, которого считают автором мистической прозы. Тем не менее он был одним из немногих, кто осознал, что научно-технический прогресс меняет мир и неизбежно появление литературы, которая будет отражать этот процесс. В послесловии к переизданию повести-мистификации «Необыкновенное приключение некоего Ганса Пфаала» (The Unparalleled Adventure of One Hans Pfaall, 1835) о полёте на Луну он, в частности, сообщал: «Своеобразие „Ганса Пфаала“ заключается в попытке достигнуть... правдоподобия, пользуясь научными принципами в той мере, в какой это допускает фантастический характер самой темы». Хотя По прекрасно понимал, что полёт на воздушном шаре в космос невозможен, он указывал, что обсуждение таких проектов



Английская писательница Мэри Уолстонкрафт Шелли, урождённая Годвин (1797—1851). Портрет кисти Ричарда Ротвелла. 1840 год. Национальная портретная галерея, Лондон.

в литературе не является бессмысленным, а введение в повествование «научных принципов» делает его своеобразным, отличным от других и более «правдоподобным». Известно, что «Необыкновенное приключение...» и другие произведения американского писателя оказали огромное влияние на Жюль Верна, который в 1865 году предложил первый технически обоснованный проект достижения Луны с помощью снаряда, выстреливаемого из гигантской пушки.

Конечно, во времена Мэри Шелли и Эдгара По фантастика в массе своей оставалась привязанной к романтизму, который допускал присутствие в текстах сверхъестественных явлений и сказочных событий, не имеющих рационального объяснения. Однако новый жанр, ещё не оформившись и не обретя традицию, начинал диктовать «правила поведения» тем авторам, которые брались писать прозу о чудесах в современном мире.

ВНЕ РОМАНТИКИ

Литературоведы не называют немецкого писателя Эрнста Теодора Вильгельма (Амадея) Гофмана фантастом, описывая



Чудовище, созданное Виктором Франкенштейном. Иллюстрация Теодора фон Холста к одному из изданий романа Мэри Шелли «Франкенштейн, или Современный Прометей». 1831 год.

Гравюра Жака Калло «Ярмарка в Гондревиле, также называемая Деревенским фестивалем» (*La Fière de Gondreville piéce appelée aussi La Fête du Village*), которую упоминает Гофман во вводной части к первой книге «Фантазии в манере Калло» (1814). 1624—1625 годы. Метрополитен-музей, Нью-Йорк.

его как романтика, сатирика или сказочника. И всё же именно его проза и более поздние подражания ей помогли новому жанру обрести характерные черты, отличающие его от литературного приёма.

Будущий писатель родился 24 января 1776 года в Кёнигсберге (ныне — Калининград) в семье прусского адвоката Кристофа Людвига Гофмана, а воспитывался под влиянием своего дяди — советника юстиции Отто Вильгельма Дёрфера, что во многом определило карьеру Эрнста Теодора как судебного чиновника. Впрочем, и отец, и дядя не были удачливыми юристами, поэтому молодой человек не считал их стезю образцом для подражания. Он рано продемонстрировал способности к рисованию и музыке, увидев своё призвание в искусстве, однако все



Немецкий писатель Эрнст Теодор Вильгельм (Амадей) Гофман (1776—1822). Автопортрет. Дата не установлена. Старая национальная галерея, Берлин.



Источник: metmuseum.org

попытки заработать на этом поприще приводили к бедности.

Литературой Гофман занялся в зрелом возрасте, что, как отмечают его биографы, было нетипичным для того времени. В начале XIX века властвовал романтизм, ассоциировавшийся у читателей прежде всего с поколением молодых дарований, которые писали быстро и нервно, жили ярко и умирали рано, как Новалис и Вакенродер. Молодостью оправдывали их странные идеи и выходки.

Первой прозаической публикацией Гофмана стала новелла «Кавалер Глюк. Воспоминание 1809 года» (*Ritter Gluck. Eine Erinnerung aus dem Jahre 1809*), написанная летом 1808 года, когда ему было тридцать два года. Он как раз занял место капельмейстера музыкального театра баварского города Бамберг, а свои пробы пера воспринимал как возможность дополнительного заработка и приобретения

известности в качестве знатока музыки. Он сообщал своему другу Юлиусу Эдуарду Хитцигу (Итцигу): «Что касается моей литературно-художественной карьеры, то здесь сделан новый шаг: редакция лейпцигской „Musikalische Zeitung“ торжественно (за)ангажировала меня своим сотрудником... Вы сможете прочесть мой дебют в феврале под названием „Кавалер Глюк“; это сочинение Вам кое в чём покажется странным... Остальные мои работы — рецензии практического характера, которые Вас вряд ли заинтересуют. Если в будущем Вам случайно попадётся сочинение об оперных партитурах, то обратите внимание на него».

Примечательно, что в дебютном «Кавалере Глюке» сразу проявилось мастерство Гофмана непринуждённо совмещать необычное с обыденным, что и сделает его классиком жанра. Отправляя рукописный текст в январе 1809 года Фридриху

Рохлицу, редактору «Всеобщей музыкальной газеты» (*Allgemeine musikalische Zeitung*), он сопроводил его пояснением, что сочинение соответствует формату литературного портрета колоритных комических чудачков. Такие новеллы пользовались популярностью в газетах, оживляя теоретические, критические и морализаторские рассуждения. «Подобного рода вещи, — писал Гофман, — мне доводилось встречать... к примеру, чрезвычайно интересный рассказ о некоем безумце, умевшем замечательно импровизировать на фортепьяно». В дебютной новелле тоже присутствует необычный персонаж — пожилой чудачковатый берлинец, одетый старомодно и отлично разбирающийся в оперной музыке; в финале он представляется как кавалер Глюк. Поскольку немецкий композитор Кристоф Виллибальд Глюк умер в ноябре 1787 года, то есть больше двадцати лет

назад, а пояснений никаких не даётся, то читатель должен сам решить, встретил ли рассказчик призрака или его новый знакомец одержим музыкой настолько, что вообразил себя Глюком. Однако содержание новеллы нельзя свести к странному совпадению — Гофман хотел выразить свои мысли по поводу творчества почитаемого им композитора, новаторство которого всё ещё вызывало противоречивые отзывы публики, и покритиковать дрянное исполнение произведений Моцарта и Глюка в Берлине.

Вскоре после завершения новеллы Гофман записал в дневнике: «Должно быть забавным выдумывать анекдоты и придавать им видимость высшей аутентичности посредством цитат, которые тут же оказываются лживыми из-за сопоставления лиц, отделённых друг от друга веками, или совершенно разнородных случаев. При этом многие были бы одурочены и, по крайней мере, на несколько мгновений поверили бы в правдивость прочитанного». Повидавший жизнь и безуспешно пытавшийся вырваться из бедности Гофман накопил достаточно опыта для того, чтобы начать обобщать его в саркастической или даже язвительной манере. Однако в тот момент он ещё не был внутренне готов к тому, чтобы посвятить себя литературе.

Поворот в жизни писателя произошёл в феврале 1813 года, когда бамбергский виноторговец Карл Фридрих Кунц, друживший с Гофманом, решил стать издателем и выпустить его собрание сочинений. Очерков и рецензий, опубликованных в музыкальной газете, для полновесной книги было явно недостаточно, и возникла идея дополнить её новыми рассказами. Гофман не только ответил согласием, но в договоре, заключённом 18 марта между «купцом» и «капельмейстером», обязался подготовить четыре книги и уступал виноторговцу право на издание всех последующих произведений, которые будут написаны. Согласно договору, первый том собрания сочинений должен был выйти под названием «Фантазии в манере Калло» (*Fantasiestücke in Callot's Manier*), однако позднее оно было использовано как общее для томов, которые будут опублико-

ваться до июня 1815 года. Его предложил сам Кунц, он ценил творчество французского рисовальщика и гравёра Жака Калло, жившего в XVII веке. Гофман горячо одобрил выбор и тут же написал введение для первой книги, которое вполне можно считать литературным манифестом начинающего прозаика: «Никакой другой мастер не сравнится с Калло в умении втиснуть в самые узкие пределы столь несметное изобилие явлений, кои с удивительной ясностью предстают нашему взору... Что с того, что неговорчивые судьи попрекали его незнанием законов композиции и распределения света! Самый закон его искусства и заключается в преодолении живописных правил, а точнее говоря, его рисунки суть лишь отражения тех фантастических причудливых образов, что оживлены волшебством его неутомимой фантазии. Ибо даже в его картинах, взятых из жизни, во всех этих шествиях, баталиях и т. п. есть некая решительно своеобразная жизненность, придающая его фигурам и их сочетаниям черты, я бы сказал, вместе и странного и знакомого. Даже и самые низкие проявления повседневности — к примеру, его крестьянская пляска под пиликанье музыкантов, рассеявшихся, подобно птицам, на древесных ветках, — предстают в ореоле некой романтической оригинальности, и оригинальность эта дивным образом затрагивает душу, наклонную к фантастическому».

Конечно, проза Гофмана прочно связана с традицией романтизма, которую он хорошо знал. И в этом введении видна переключка с Новалисом — под таким псевдонимом публиковался немецкий поэт и писатель барон Фридрих фон Харденберг, давший определение жанру, в котором работал: «Романтизировать значит придавать обычному таинственный вид, известному — достоинство неизвестного, конечному — видимость бесконечного».

В отличие от Новалиса, у которого повседневное в конечном счёте полностью поглощается таинственно возвышенным, Гофман настаивал на одновременном присутствии в повествовании реалистического и чудесного. Фантастика служила

Гофману средством отчуждения в восприятии действительности, однако в то же время он стремился показать, что сама эта действительность фантастичнее, чем может вообразить себе разум, подчинённый обыденности.

За девять лет активной деятельности в качестве прозаика Гофман успел написать достаточно много. Помимо «Фантазий в манере Калло», были опубликованы романы «Эликсиры дьявола» (*Die Elixiere des Teufels*, 1816) и «Житейские воззрения кота Мурра» (*Lebens-Ansichten des Katers Murr*, 1821), огромное количество повестей, рассказов и сказок, отчасти объединённых в циклы «Ночные этюды» (*Nachstücke*, 1816—1817) и «Серапионовы братья» (*Die Serapionsbrüder*, 1819—1821). Произведения Гофмана заметили — о них начали говорить. Его ирония и колкости веселили читателя, созданные им образы запоминались и становились нарицательными, но на фоне коллег он казался «простоватым». Прежде всего, юмор в романтической традиции был не в чести — его допускали туда в витева-

той метафизической обёртке, которую простому читателю было трудно «развернуть». Идеология романтизма основывалась на противопоставлении гениального одиночки, живущего в сопричастности с таинствами духа, природы и искусства, с ханжеским миром обывателей. Гофман, напротив, находил гармонию через погружение в «непрерывающуюся суетную» жизни, на территории её реальных противоречий, которые коллеги осмысливали выборочно и неохотно.

Критики полагали, что этим Гофман всё огрубляет, опускаясь с высот духа на рыночную площадь, но читатели, уставшие от истеричных исканий романтиков, с удовольствием встречали его тексты. Он стал модным писателем, его рассказы публиковались в карманных изданиях для дам, периодических альманахах, календарях и журналах.

Тем не менее Гофман не был автором примитивного «чтива», что стало очевидным ещё при его жизни. Он писал фантастику, но поскольку критерии этого жанра в то время не были определены, творче-



Иллюстрация Эрнста Теодора Гофмана к его повести «Песочный человек». 1815 год. Берлинская государственная библиотека.

ство Гофмана пытались позиционировать внутри литературных направлений, которые он использовал для своих целей. Что же делало его фантастом? Прежде всего, Гофман применял принцип «двоемирия», который в прозе романтиков выражался через противопоставление идеала и действительности. Но его миры, кажется, вообще лишены идеала — волшебное пространство существует рядом с нашим и настолько переплетается с ним, что их бывает трудно отделить: за внешней красотой там тоже может прятаться уродство, сильные чувства также обманчивы и ведут к разочарованию, а угрозы жизни и рассудку столь же ощутимы. Есть ещё один важный момент: сказочники и сатирики всегда упрощают действительность,

делают из персонажей схематические карикатуры без биографий и рефлексии для утверждения какой-либо морали или обличения недостатков; а миры и персонажи Гофмана сложнее, живее, разнообразнее и вполне соответствуют требованиям художественной литературы.

Немецкий писатель не был чужд и влияниям научно-технического прогресса. Психология и психиатрия, медицина, педагогика, теория сна, животный магнетизм, эксперименты с электричеством нашли отражение в его текстах. Работая над повестью «Песочный человек» (Der Sandmann, 1816), Гофман тщательно изучил серьёзные медицинские труды того своего времени по психическим болезням. Неудивительно, что повесть привле-

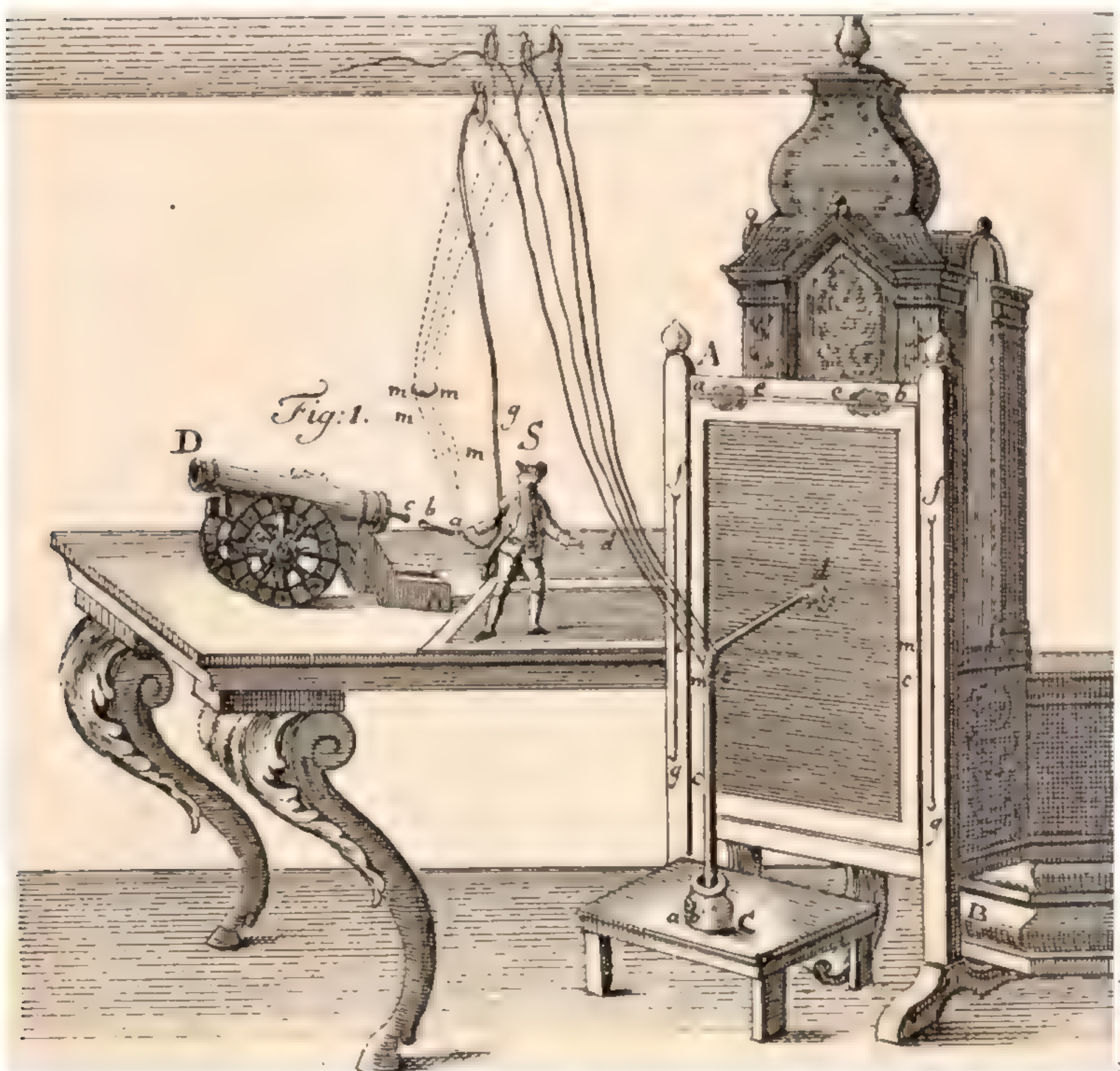
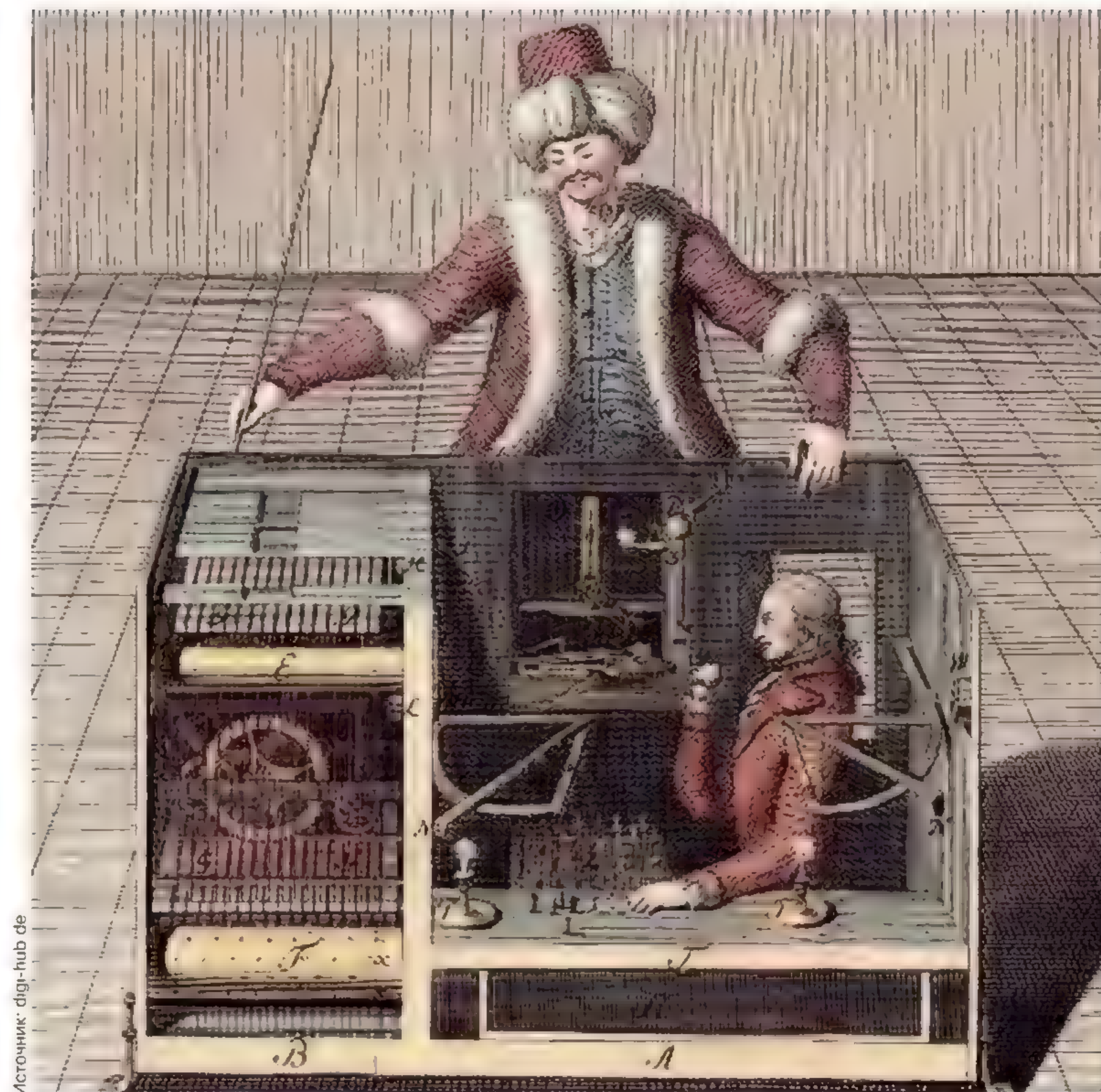


Схема устройства настольного автомата. Иллюстрация из позднего издания книги Иоганна Виглеба «Натуральная магия». 1789 год. Библиотека Конгресса США.



«Шахматный турок» (Schachtiirke) — автомат, построенный венгерским инженером Вольфгангом фон Кемпеленом в 1770 году. Иллюстрация из книги Йозефа Фридриха Ракница «Über den Schachspieler des Herrn von Kempelen und dessen Nachbildung». 1789 год. Библиотека Берлинского университета Гумбольдта.

кала внимание исследователей, а Зигмунд Фрейд посвятил ей целое эссе.

Особенно Гофман увлекался автоматами (или автоматами) — куклами с механическим приводом, выполняющими действия по заданной программе, — по сути, первыми роботами. Они получили широкое распространение в Европе, их часто изготавливали человекоподобными, что привлекало и пугало обывателей. В октябре 1803 года Гофман прочитал книгу Иоганна Виглеба «Натуральная магия» (Die natürliche Magie, 1782—1786), в которой были изложены секреты автоматов, и записал в дневнике: «Вознамерился

со временем изготовить куклу-автомат на пользу и радость всем толковым людям, что у меня бывают». С возрастом Гофман разглядел в механических куклах образ псевдожизни, который может служить метафорой при обсуждении природы человеческих побуждений. Например, в его новелле «Автоматы» (Die Automate, 1814) персонаж получил из уст диковинно устроенного «говорящего турка» зловещее пророчество, которое заставило задуматься о предопределённости судьбы, находящейся под управлением «тёмных сил». В повести «Песочный человек» автоматом оказывается загадочная геро-

иня Олимпия. Конечно, о механических куклах писали и до Гофмана, но он раньше остальных догадался, что введение в литературный текст человекоподобного искусственного существа даёт возможность поговорить о нашей готовности (или неготовности) принимать чудеса научно-технического прогресса, для которого нет запретных областей, очерченных моралью. В дальнейшем человекоподобные автоматы, которые будут называть роботами, андроидами или даже киборгами, станут постоянными персонажами научной фантастики.

Когда Гофмана привлекли к суду по обвинению в сатирическом выпаде против произвола прусской юстиции (речь шла о повести «Повелитель блох»), писатель в оправдательной речи пытался представить дело таким образом, что написанное им — чистейшей воды фантазия, которая развивается «в соответствии с законами сказки, с ситуациями и характерами, что в ней встречаются». Но в том-то и дело, что сказка, помещённая в реалистичный антураж, перестаёт быть сказкой.

МЕТОД ГОФМАНА

Немецкие литературные критики с пренебрежением относились к творчеству Гофмана, а вот в России оно обрело вдохновенных почитателей. Русские писатели не просто усваивали его метод и находки, а, восприняв, применяли их в соответствии с собственными художественными задачами. И вполне можно говорить о том, что именно Гофман стал невольным родоначальником российской фантастики.

Сначала читатели знакомились с Гофманом по французским переводам, но в 1822 году появились и публикации на русском — детективная новелла «Девушка Скюдери» (*Das Fräulein von Scuderi. Erzählung aus dem Zeitalter Ludwigs des Vierzehnten*, 1819), а к 1840 году были изданы шестьдесят два произведения и в дополнение — четырнадцать статей о самом Гофмане!

Начиная со второй половины 1820-х годов в России не осталось, пожалуй, ни одного литератора или критика, который не был бы знаком с его творчеством: днев-

ники, письма и мемуары тех лет весьма красноречиво свидетельствуют об этом. Стало модой, собравшись по вечерам, сочинять устные повести на манер гофмановских. Большой интерес вызывала и личность самого писателя. Сведения о его жизни и привычках превращались в легенду. Бывавшие в Берлине молодые россияне полагали своим долгом посетить ресторан «Люттер и Вегнер» (*Lutter und Wegner*), где, по преданию, еженощно сиживал Гофман после переезда в столицу.

Критик Василий Петрович Боткин даже заявил, что Гофман не умер, а «переселился в Россию». Литературовед Павел Васильевич Анненков подтверждал, что немецкий писатель «электрически действовал на молодые, серьёзные умы».

Гофмана ценили за глубину проникновения. Поэт и критик Степан Петрович Шевырёв считал, что тому были открыты «таинственные феномены природы и души». Писатель и драматург Николай Алексеевич Полевой упоминал Гофмана в числе художников, которые «довели искусство до высшей степени». Учёный и журналист Николай Иванович Надеждин видел в нём создателя современной «философической повести», где жизнь «представляется торжественным оправданием высших философских идей».

Особенно наглядно российское восприятие немецкого писателя отразилось в статье публициста-революционера Александра Ивановича Герцена «Гофман», опубликованной в журнале «Телескоп» (№ 10 за 1836 год), — кстати, это была его первая публикация в качестве литературоведа: «Обыкновенный, скучный порядок вещей слишком теснил Гофмана; он пренебрёг жалким пластическим правдоподобием. Его фантазия пределов не знает».

При таком восторженном отношении появление подражателей — дело неизбежное. Зачинателем «гофмановского» направления в русской литературе считается Алексей Алексеевич Перовский, публиковавшийся под псевдонимом Антоний Погорельский. В марте 1825 года на страницах журнала «Новости литературы» появилась его дебютная повесть «Лафертовская маковница».

Следуя за Гофманом, писатели того времени прибегали к прямолинейности в изображении сверхъестественных существ и явлений в сочетании с конкретностью бытовых сцен, которые придавали откровенному вымыслу большую достоверность. Кстати, Александр Сергеевич Пушкин очень высоко оценил «Лафертовскую маковницу» в письме брату: «Что за прелесть бабушкин кот! Я перечёл два раза и одним духом всю повесть, теперь только и брежу Тр.<ифоном> Фал.<елеичем> Мурлыкиным. Выступаю плавно, зажмуря глаза, повёртывая голову и выгибая спину».

Через три года Погорельский включил дебютный текст в сборник «Двойник, или Мои вечера в Малороссии» (1828). Один из рассказов под заголовком «Пагубные последствия необузданного воображения», написанный как переложение «Песочного человека», повествует о трагической любви русского графа к немецкой девушке, которая оказывается механической куклой.

Интересная историческая деталь: журнальную публикацию «Лафертовской маковницы» издатель снабдил примечанием, в котором давал сугубо материалистическое объяснение описанных в ней событий, представив сверхъестественное ловкой инсценировкой. При переиздании автор не только выкинул примечание, но и позлословил по его поводу. Впрочем, в историю литературы Погорельский вошёл совершенно другим «гофмановским» текстом — сказочной повестью «Чёрная курица, или Подземные жители» (1829), которая многократно переиздавалась, была экранизирована и внесена в список рекомендуемой литературы для чтения школьников младших классов.

Орест Михайлович Сомов в ранних статьях 1823 года, посвящённых романтизму, указывал российским литераторам на народное творчество как отражение национального духа и призывал черпать из фольклора материал для художественного осмысления. В 1827 году он и сам начал выступать в печати (иногда под псевдонимом Порфирий Байский) с произведениями, основанными на русских и



Источник: rmgallery.ru

Писатель Алексей Алексеевич Перовский (1787—1836), публиковавшийся под псевдонимом Антоний Погорельский. Портрет кисти Карла Брюллова. 1836 год. Государственный Русский музей, Санкт-Петербург.

украинских поверьях, причём адаптировал их с большой долей юмора.

Влияние немецкого писателя можно найти и в творчестве Александра Пушкина. В библиотеке поэта хранилось собрание сочинений Гофмана во французском переводе; там же был номер журнала «Телескоп», разрезанный на статье Герцена. В бумагах Пушкина уже после его кончины нашли начало стихотворного переложения новеллы Гофмана «Дож и догаресса» (*Doge und Dogaresse*, 1818). Юрист и музыковед Вильгельм (Василий Фёдорович) Ленц, записавший подробности своей поездки в Петербург, сообщал, что в ноябре 1833 года получил возможность встретиться с поэтом, — в ходе оживлённого разговора они как раз обсуждали Гофмана, и Ленц уверился, что повесть «Пиковая дама» (1834) появилась на свет как «подражание» немецкому писателю. К «гофмановским» текстам Пушкина принято относить также «Каменного гостя» (1830), «Медного всадника» (1837)

и «Уединённый домик на Васильевском» (1829), записанный Владимиром Павловичем Титовым (Титом Космократовым) по устному рассказу поэта.

Нельзя не упомянуть совершенно «гофмановские» по духу произведения Николая Васильевича Гоголя «Портрет» (1835), «Нос» (1836) и «Шинель» (1842). Причём их сюжеты, по большому счёту, не нуждались в фантастическом элементе (например, известно, что Гоголь собирался в повести «Нос» объяснить сверхъестественную ситуацию сном персонажа), но автор сознательно вводил его, в том числе с целью гиперболизации обсуждаемых проблем.

НАСТОЯЩИЙ ФАНТАСТ

Наиболее полно и осознанно метод Гофмана принял князь Владимир Фёдорович Одоевский, которого сегодня называют типичным представителем русской романтической прозы, но который в действительности стал первым настоящим российским фантастом.

Составляя в начале 1860-х годов примечания к переизданию своего философского романа «Русские ночи» (1844), Одоевский сообщал: «Я не обижаюсь нисколько, когда сравнивают меня с Гофманом, — а, напротив, принимаю это сравнение за учтивость, ибо Гофман всегда останется в своём роде человеком гениальным».

Первым законченным циклом произведений Одоевского, который можно назвать фантастическим, стали «Пёстрые сказки с красным словом, собранные Иринеем Модестовичем Гомозейкой, магистром философии и членом разных учёных обществ, изданные В. Безгласным» (1833). Литературные критики высказывались о цикле сдержанно и не заметили, что Одоевский подходит к мистическим сюжетам иначе, чем большинство авторов, которые брались писать осовремененные сказки. Для князя мир сверхъестественных существ и явлений не был фантазией, порождённой воображением простонародья, — Одоевский полагал, что его можно изучать научными методами и создавать технологии взаимодействия.

Поздние исследователи признавали, что князь был, пожалуй, самым теоретически

«подкованным» по вопросам эзотерических традиций и оккультных практик из числа коллег по «гофмановскому» направлению. На страницах «Пёстрых сказок...» в совершенно определённом контексте появляются имена знаменитых учёных-алхимиков, оставивших, по мысли Одоевского, бесценный массив тайных знаний. Более конкретно и серьёзно он раскрыл эту тему в своих зрелых повестях: «Сильфида. Из записок благоразумного человека» (1837), «Косморама» (1840) и «Саламандра» (1841) — все они посвящены контактам с миром «элементарных духов», доступ к которому можно получить через магические манипуляции или артефакты.

Но не следует думать, будто бы Одоевский был мистиком, отрицающим науку. Напротив, он считал чрезвычайно важной задачей популяризацию идеи соединения древнего знания с современным для более глубокого изучения законов природы: «от астрологии — к астрономии», «от алхимии — к химии». Кроме того, князь в отличие от предшественников пришёл к пониманию, что «гофмановское» направление в литературе нельзя свести к простому приёму: формируется новый жанр, который будет жить по собственным законам. При этом он предостерегал от слепого копирования европейской прозы, утверждая в статье «О вражде к просвещению, замечаемой в новейшей литературе», которую Пушкин поместил во II-й том «Современника» за 1836 год: «Фантастический род [жанр], на который была также мода в Европе и который, может быть, больше, нежели все другие роды, должен изменяться по национальному характеру, долженствующий соединять в себе народные поверия с неясною мечтою младенчества, — этот род целиком перешёл в наши произведения и достиг до состояния настоящего бреда, с той разницею, что этот бред не есть бред естественный, который всё-таки может быть любопытным, но бред, холодно перенесённый из иностранной книги».

Со временем в прозе Одоевского всё весомее становился научно-фантастический элемент, отдельного разговора заслуживают его научно-фантастические,

философско-утопические, цивилизационно-культурологические повествования о тайнах мироздания, загадках Вселенной. Предугадывая крах системы эксплуатации человека человеком, Одоевский собирался противопоставить модель гармоничного общественного строя — в утопическом сочинении «4338-й год. Петербургские письма» автор вполне систематически пытался представить себе технику будущего, которая придёт за эпохой угля и пара, утвердившейся в развитых западных странах: громоздкие машины будут заменены изящными аппаратами с электродвигателями, химическая промышленность начнёт изготавливать множество ранее неизвестных материалов, широчайшее развитие получит воздушный транспорт, стартуют первые космические корабли. Быстрому внедрению инноваций будет способствовать единая Академия наук, размещённая в «огромном здании, построенном на самой середине Невы и имеющем вид целого города». Но, главное, профессиональных политиков и чиновников станут готовить в Училище государственных людей, куда принимаются «отличнейшие ученики из всех других заведений и где за развитием их способностей следят с самого раннего возраста», что позволяет создать мудрый правящий слой, который для повышения качества своей работы постоянно консультируется с ведущими учёными.

Сочинение осталось незавершённым, отрывки из него были впервые опубликованы в альманахе «Утренняя заря» за 1840 год. Литературовед Виссарион Григорьевич Белинский, несмотря на своё скептическое отношение к фантастике, высоко оценил утопию Одоевского: «Главная мысль романа, основанная на таком твёрдом веровании в совершенствование человечества и в грядущую мирообъемлющую судьбу России, мысль истинная и высокая, вполне достойная таланта истинного». Советские критики тоже с благожелательностью писали о князе, увидев в его незаконченном сочинении прообраз государства, основанного на «общественной пользе». Более того, существование этого текста доказывало, что в русской литературе середины



Князь Владимир Фёдорович Одоевский (1804—1869). Литография из альбома «Портретная галерея русских деятелей» (Том 1. СПб., 1865). Государственный исторический музей, Москва.

XIX века появилась научная фантастика с социальным уклоном. Фантастовед Анатолий Фёдорович Бритиков писал по этому поводу: «„4338 год. Петербургские письма“, — по-видимому, первое в России произведение, бросавшее взгляд в будущее с высоты научно-общественной мысли. Одоевского можно считать пионером научной фантастики не только в России: „Петербургские письма“ появились в 1840 году — за 22 года до первого романа [Жюль] Верна».

Впрочем, появления фантастики жюльверновского типа, в которой ценится не только достоверность в описании человеческих отношений, но и научно-техническое правдоподобие, ещё нужно было дожидаться. Гофман с его российскими последователями указали общее направление в развитии жанра, но должно было появиться новое поколение писателей, для которых достижения прогресса больше не выглядели чем-то чудесным или небывалым.

ВОПРОСЫ, ВОПРОСЫ...

В нашем очередном выпуске загадочные предметы упорядочены по мере нарастания загадочности. Сначала идут те, в расшифровке которых мы уверены, но хотим получить ответ от читателей. В конце — серьёзные загадки, то есть такие, на которые и мы не знаем ответа, и не знают его читатели, приславшие фотографии (нередко, чтобы проверить эрудицию авторов и читателей рубрики, нам шлют снимки предметов, автору вопроса вполне понятных). Ответы — и те, которые мы знаем, и пришедшие в ваших письмах — будут опубликованы в одном из следующих номеров.

Фото 1.1

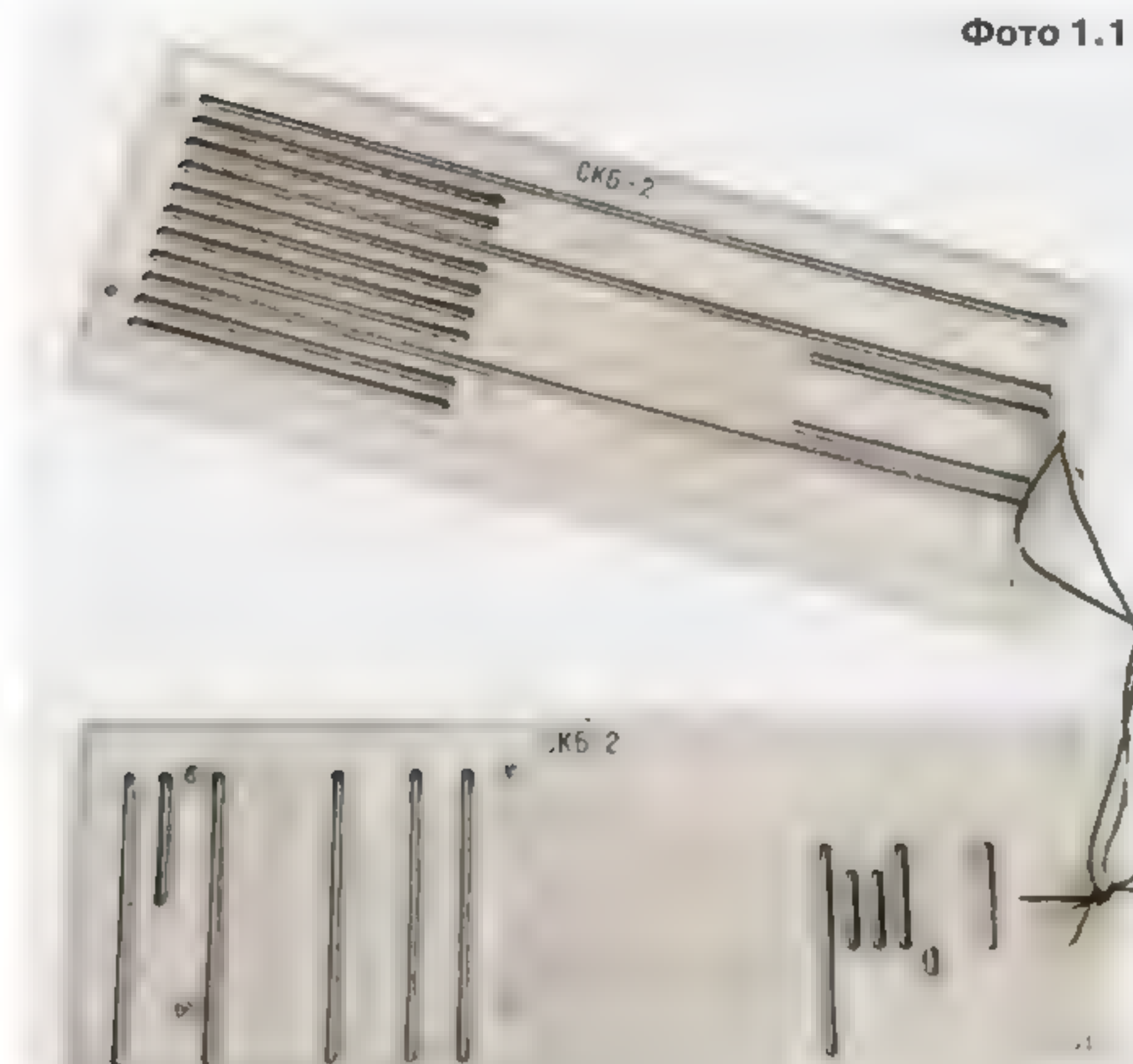


Фото 1.2



Итак, фото 1.1 и 1.2. Наверняка, многие из читателей помнят эту вещь, как сразу вспомнил её один из нас. Фотографии прислал Константин Ощепков из Москвы, он же рассказал историю предмета, и её мы тоже опубликуем в ответах.

Фото 2



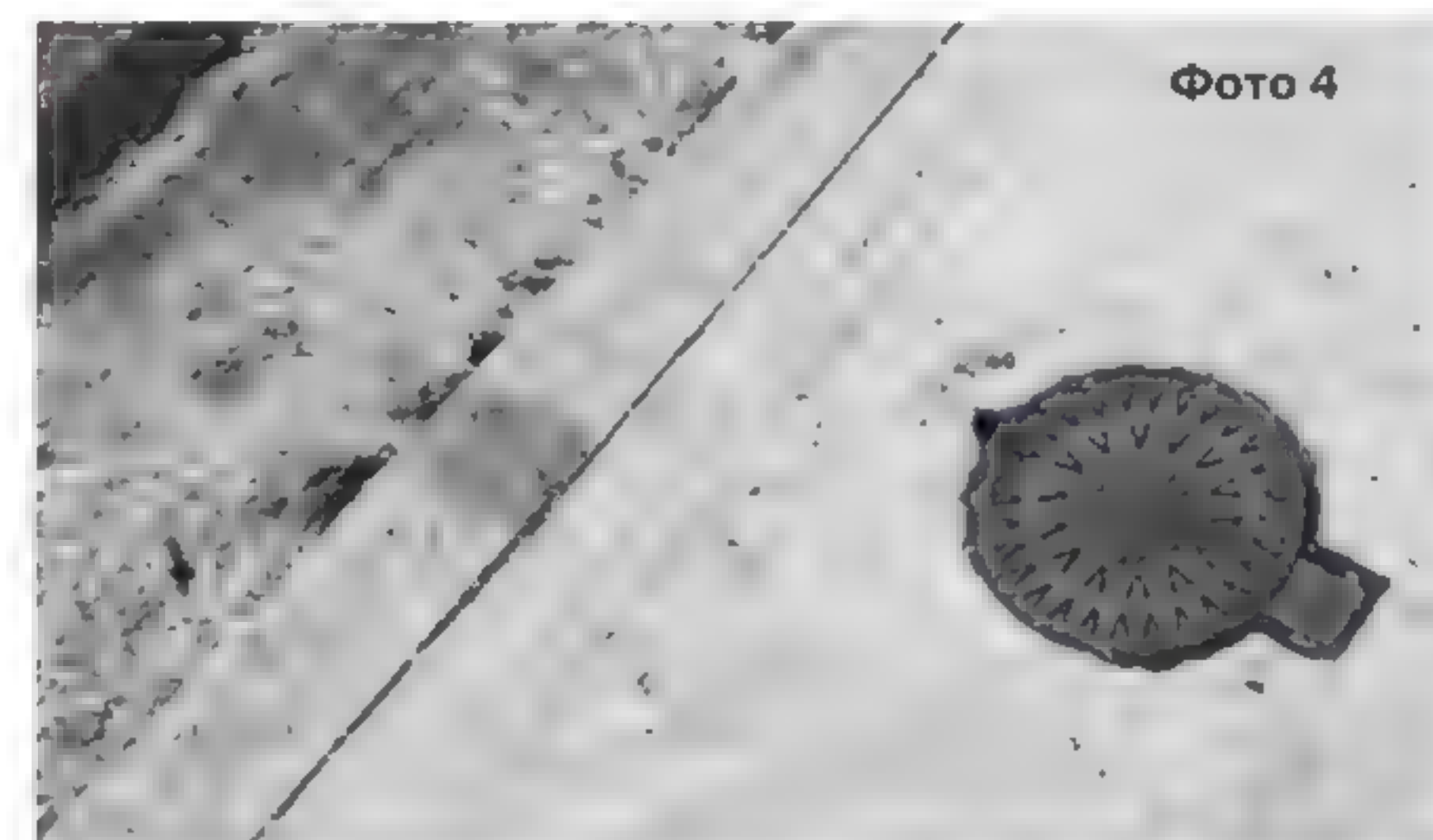
Читательница Татьяна Виссонова из г. Нелидово Тверской области прислала снимок (фото 2) предмета, форма которого подсказывает содержание. Два окуляра на расстоянии, близком к среднему расстоянию между глазами, — явно для того, чтобы туда смотреть. Однако в данном случае вы ничего не увидите. Что это за прибор?

Фото 3



Она же прислала фотографию (фото 3) и вопрос — что это за набор шариков на ручках? Сами мы бы не догадались, очень уж это «узкопрофильная» вещь, но фотография попала на глаза одному из читателей, который мгновенно опознал эти металлические шарики.

Фото 4



Следующие два объекта представил Евгений Лыткин с острова Мальта, их нам расшифровать удалось лишь частично, но он ответ знает. Вы идёте по тротуару и обнаруживаете такой лючок (фото 4), дальше вдоль тротуара видны такие же. Открываете — под ним цилиндрическое отверстие диаметром 5—7 см и глубиной около 20 см, совершенно пустое. Зачем они? Первая мысль — для каких-то

столбиков, которые вставляют, чтобы машины не заезжали на тротуар. Правда, эти лючки идут вдоль края тротуара с интервалом около 20 м, но может быть, между столбиками натягивали какие-то тросики или цепочки? Настораживает одна деталь — на противоположной стороне улицы имеются такие же лючки, причём они находятся точно напротив тех, что на этой стороне.

Другой объект — это явно ложка (фото 5), а ложки с дырками — кто ж их не видел? Применение известно — зачерпнули нечто, плавающее в жидкости или на её поверхности (пена), достали, жидкость утекла, остальное — на ложке. Но читатель прислал фотографию ложки с необычным профилем отверстия, да ещё пояснил, что эта ложка используется не одна, а в паре с почти такой же, но сплошной. Соответственно, вопросы: что ею зачерпывали, как это связано с формой прорези и зачем вторая ложка?

Фото 5



Следующее фото прислал читатель Тимур Манюров из Москвы (фото 6). Вид несколько угрожающий, но вещь на самом деле совершенно мирная.

Фото 6



И наконец, три объекта, которые расшифровать не удалось. Фото 7.1 и 7.2 прислал Дмитрий Рогаткин из Москвы. Это явно ручной инструмент, но для чего?

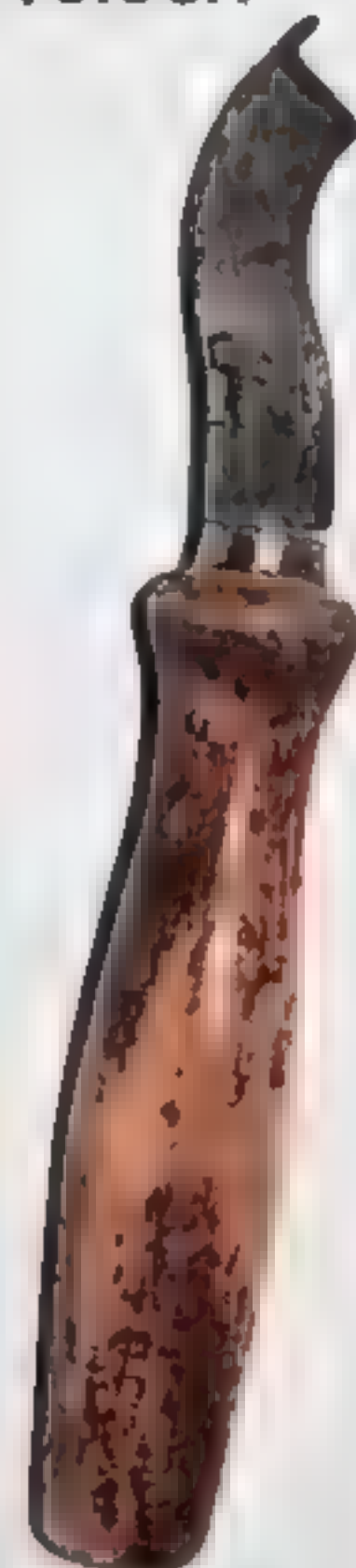
Фото 7.1



Фото 7.2



Фото 8.1



На фото 8.1 и 8.2 тоже ручной инструмент (из коллекции авторов) и тоже непонятно для чего.



Фото 8.2

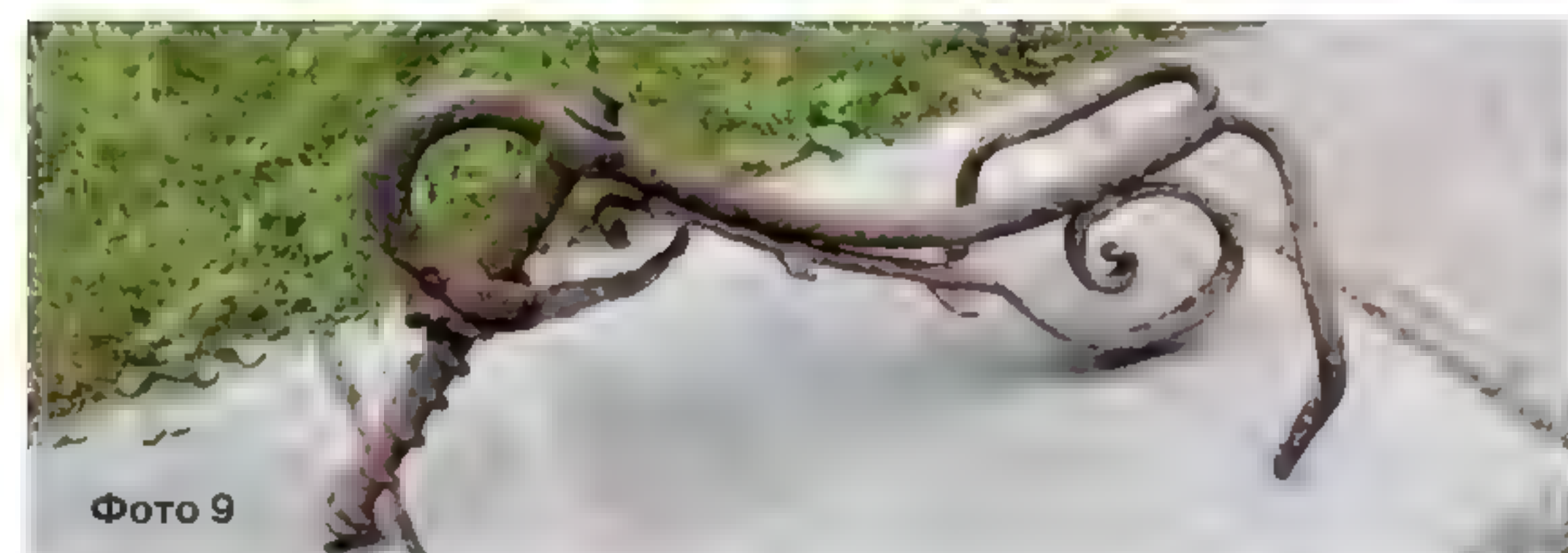


Фото 9

На фото 9, присланном Светланой Сычёвой, объект, найденный в земле на небольшой глубине при строительстве дороги в Звенигороде.

Ждём ваших предположений.

Мы принимаем все загадки — и с отгадками, и без таковых. Что для кого-то загадка, то для другого — тривиальность, а для третьего — озарение!

Леонид АШКИНАЗИ, Наталия СЪЯНОВА.

Фотографии читателей и авторов рубрики.

(Ответы в одном из следующих номеров.)

Если дома среди старых вещей или на улице вам встретится загадочный объект, сфотографируйте его и пришлите снимок. Мы постараемся рассказать о назначении объекта и привести его название. Или же это сделает кто-то из читателей, увидев присланные вами фото в журнале.



Альбука спиральная.

«ВАНИЛЬНАЯ КУДРЯШКА»

Это причудливое суккулентное растение из семейства Спаржевые — родом оно из Южной Африки — наши цветоводы содержат редко, хотя уход за ним отнюдь не сложен. Справятся даже начинающие коллекционеры необычных комнатных растений. Речь идёт об альбуке.

В культуре чаще всего встречаются альбука прицветниковая (*Albuca bracteata*), альбука канадская (*Albuca canadensis*), альбука Нельсона (*Albuca nelsonii*), альбука низкорослая (*Albuca humilis*). Но наиболее распространённой у отечественных цветоводов является альбука спиральная (*Albuca spiralis*), в продаже также нередко можно увидеть голландский сорт альбуки спиральной Frizzle Sizzle, отличающийся более компактными размерами и сильно закрученными листьями.

Альбука спиральная — небольшое луковичное растение, высота которого в зависимости от вида не превышает 10—20 см.





Соцветие альбуки спиральной.

Листья суккулента привлекают внимание своей формой — они свёрнуты в спираль, такой защитный механизм помогает альбуке пережить жаркий засушливый период в природных условиях произрастания. Цветение этого суккулента приходится на конец весны — начало лета, в это время формируется цветонос, длина которого может составлять от 20 до 60 см. Цветение альбуки достаточно длительное, она может радовать владельца более двух месяцев. Окраска колокольчатых цветков, собранных в кистевидное соцветие, у комнатных видов обычно желтоватого или салатного оттенка. Цветки часто обладают приятным ванильным ароматом, особенно ощутимым в ночное время. Благодаря этой особенности суккулент и получил народное название «ванильная кудряшка». Но если запах кажется владельцу слишком сильным, цветоносы можно удалять.

Официальное ботаническое название «альбука» происходит от латинского «albicare», что переводится как «выстреливающая белым», это название альбука получила из-за того, что некоторые дикие виды имеют белые цветы, лишённые характерного аромата.

В домашних условиях альбуке спиральной необходимо хорошее солнечное освещение. Отлично подойдут для неё окна южного, юго-восточного и юго-западного направления. При недостаточном естественном освещении потребуется дополнительная досветка фитолампами полного спектра мощностью не менее 40 Вт.

Альбуки относятся к теплолюбивым и засухоустойчивым растениям, комфортная температура в летний период для них порядка +30 градусов. При этом полив во время активного роста и цветения должен быть полноценным, но его необходимо проводить только после полного просыхания земляного кома. Опрыскивания альбуке не требуются.

Для выращивания этого растения можно использовать готовый покупной торфяной субстрат для суккулентов, в который желательно добавить крупный кварцевый песок из расчёта 1/3 песка на 2/3 субстрата, и обязательно сделать керамзитовый дренаж. Но лучше использовать специализированные грунты на основе цеолита — по своей структуре они больше подходят природным потребностям суккулентных растений.

Для полноценного развития «ванильной кудряшки» необходимо вносить подкормки, подойдут готовые жидкие удобрения для кактусов и суккулентов. Удобрения применяются по инструкции производителя, их важно вносить в момент активного роста, бутонизации и вслед за цветением растения.

После летнего цветения альбуки наступает период покоя — у растения начинает отмирать надземная часть. При полегании листы поливы и подкормки прекращают, растение содержат при нежаркой комнатной температуре в тенистом месте. Иногда комнатная альбука спиральная «игнорирует» период покоя и продолжает цветение. В этом случае нужно дать ей полностью отцвести, а затем прекратить полив, вынудив растение уйти в стадию покоя. Период покоя обычно длится до осени, его окончание легко определить по пробуждению почек и появлению молодых листьев. Теперь альбуку можно переставить обратно, на светлое место, и возобновить полив.

Окончание периода покоя — удачное время для пересадки вашего растения. От материнской луковицы отделите луковицы-

детки. Для посадки луковиц используйте горшочки диаметром около 8 см для деток и около 12 см для взрослых луковиц. Диаметр правильно выбранного горшочка должен быть лишь на 5 см больше диаметра самой луковицы. При посадке можно углубить луковицу полностью, до уровня корневой шейки, однако многие цветоводы оставляют примерно 1/3 луковицы над поверхностью субстрата, такая посадка выглядит более привлекательной. Хорошо сформировавшиеся дочерние луковицы способны зацвести уже в следующем сезоне.

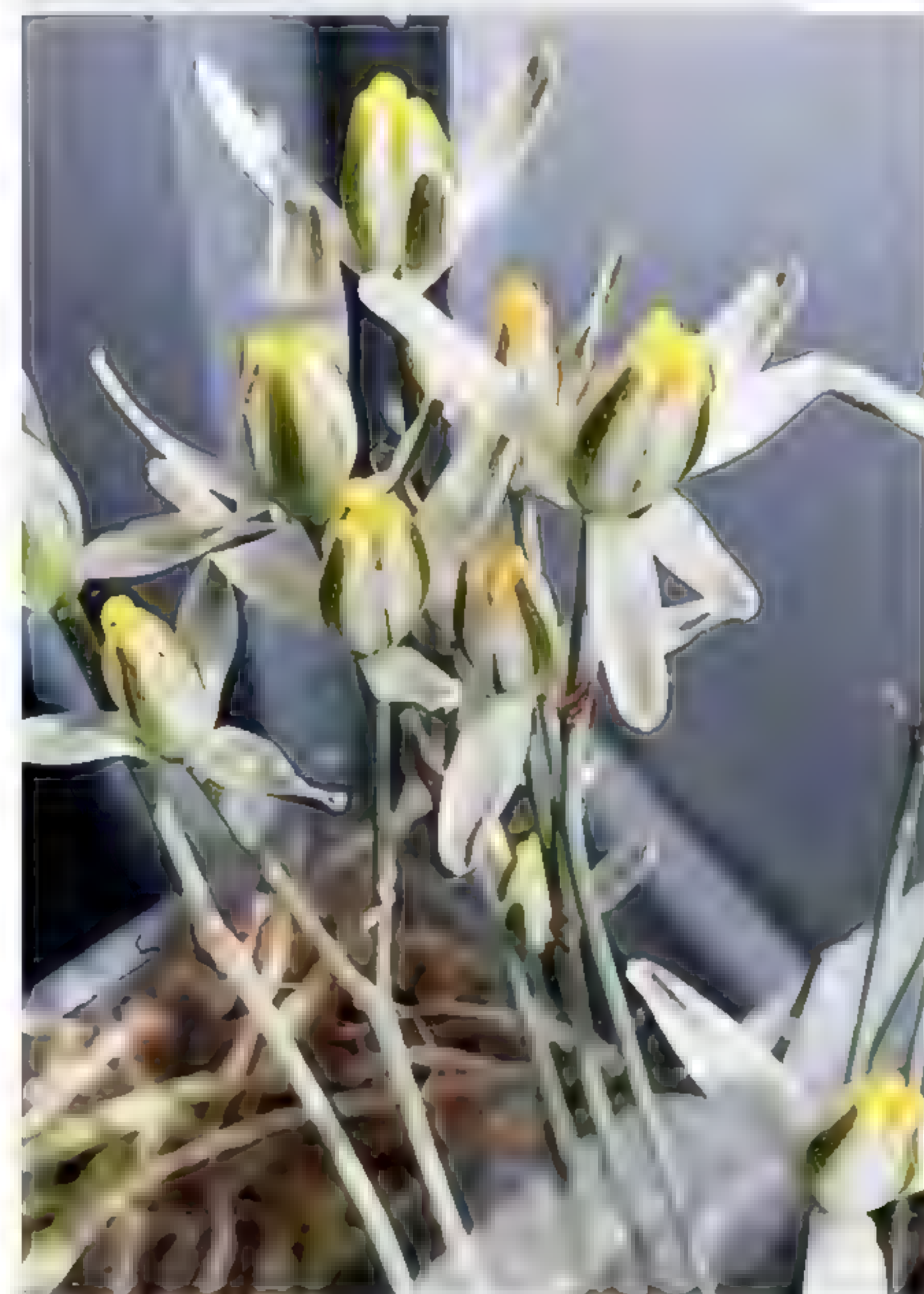
Возможно также размножение альбуки семенами, они бывают в продаже. Комнатные альбуки часто способны к самоопылению. Чтобы помочь растению завязать семена, перенесите пыльцу на пестик с помощью ватной палочки. Семена собственного урожая необходимо собрать и посеять в весенний период. Посев семян альбуки производят без заглубления в почву, по поверхности влажного субстрата. Для создания парникового эффекта посевы укрывают пищевой плёнкой, которую необходимо убрать при появлении всходов. Не забывайте регулярно проветривать посевы, обеспечьте им достаточный уровень влажности почвы, также очень важно хорошее освещение. Поливайте всходы осторожно, стараясь не смачивать листья. Время прорастания семян — около 7—14 дней, сеянцы имеют прямые листочки, которые начнут закручиваться со временем. Растения, полученные из семян, развивают луковичку к концу первого года жизни и зацветают на третий год.

В зимний период развитие суккулента продолжается. Только поливать в это время растение нужно как можно реже, обеспечив ему хорошую дополнительную досветку. Комфортно зимовать альбука может и при обычной комнатной температуре, хотя лучше попытаться создать ей прохладную зимовку при температуре около +16 градусов. Такое понижение температуры благоприятно скажется на дальнейшем цветении альбуки. Зимой из-за недостатка света у суккулента могут появиться прямые листья, не закрученные в характерную спираль. Но они сменятся спиралями в тёплый период.

Светлана ШКОДИНА, фитодизайнер.
Фото Елены Ясько.



Альбука низкорослая набирает бутоны...



...и цветёт.



Иллюстрация Маии Медведевой

ТАНЦУЮТ ВСЕ

Андрей СТОЛЯРОВ.

Яплохо помню дни, предшествующие перелому. Они предстают в моей памяти как полустёртые пятна, накладывающиеся друг на друга. Помню только, что на меня навалилась бессонница: я до трёх, до четырёх ночи лежал в постели и, пялясь в сумрачный потолок, вяло думал, что правы и Йохан Хейзинга, и Роже Кайуа: любую деятельность можно рассматривать как игру, в том числе и собственную мою жизнь, уже идущую к завершению, в ней тоже присутствовали и соревновательный элемент, и сравнение с другими как точка отсчёта, и попытки, сознательные или бессознательные, набрать соответствующие социальные баллы. Так я выиграл или проиграл?..

Ночи были прозрачные, светила в окна луна, в тёмных пятнах, тоже прозрачная, похожая на тающую пластиночку соли, удлинённые блики тянулись через всю

комнату, и я думал, что не выиграл и не проиграл, не играл вообще — просто жил, как жизнь складывалась. Весьма слабое утешение. Тем более что временами на меня накатывало что-то вроде галлюцинаций: я видел мир, превратившийся в громадный и безукоризненный механизм, все колёсики его крутятся по своим осям, все детали притёрты и согласованы между собой, массы людей с безукоризненной точностью перемещаются по заданным траекториям. Ни одного отклонения, ни единого шага в сторону: никому это и в голову не приходит. Каждый последующий день в точности копирует предыдущий, ничего не меняется, бытийный танец незыблем, как полагается механизму. И так — из месяца в месяц, из года в год, из века в век, из тысячелетия в тысячелетие...

Утром я поднимался разбитый, с тяжёлой, как из сырого песка, головой — Адель к тому моменту уже упархивала на работу — и бродил по пустой квартире, пытаюсь избавиться от этого наваждения.

Я наблюдал из окна, как светлеет небо, как человеческие ручки устремляются к остановкам транспорта, как движутся длинные синие неповоротливые туши автобусов, как жмутся внутри них сонные пассажиры, цепляясь за поручни. Я словно оказался в фильме, где заплонили мир восставшие зомби, они были повсюду: пустые глаза, равнодушные неподвижные лица. И редким людям, ещё живым, приходится подстраиваться под них, чтобы не выделяться.

Вечером возвращалась Адель, прикасалась к моей щеке целлулоидными губами: «Я тебя, дед, люблю», садилась ужинать, участливо расспрашивала меня, как прошёл день, кивала, где надо, подавала незначительные реплики, но глаза у неё при этом были стеклянные. Она отсутствовала, пребывая в совершенно ином, чуждом мире, и лишь старательно исполняла роль, навязанную ей Игрой. Повзрослела, выпулилась из куколки, но стала не грациозной бабочкой, как я некогда полагал, а каким-то неведомым насекомым, которого энтомологам ещё предстояло открыть. Мне становилось всё труднее вспомнить, какой она была раньше. Я с тоской ощущал, что прежний образ Адели стирается, становится неопределённым, блёклым, уходит в небытие. Я уже не мог его восстановить.

В такие минуты со мной что-то происходило. Я тоже становился каким-то иным. Мне было начихать на весь мир, пусть он провалится хоть к чертям собачьим. Я знал одно: Адель я им не отдам. Чего бы мне это ни стоило, какие бы жертвы для этого ни пришлось принести. Тем более что выход всё-таки есть. Сжимая флешку, похожую на ядовитое насекомое, я видел это совершенно отчётливо. Выход есть, безумный, но именно потому сулящий надежду. Теперь главное — не отступать.

Вот с каким настроением я поднялся из-за столика после встречи с Хухриком. Я готов был на всё. Я не боялся никаких демонов, высывающихся из темноты. Пусть приходят, я сумею с ними сразиться. Однако когда я вышел на улицу, человека, заглядывавшего через витрину, там уже не было.

Из статьи Эрика Голденберга «За пределами»:

«Возникает вопрос: почему незатейливая Игра обрела подобную популярность? Казалось бы, обычная ремесленная поделка: примитивный сюжет, картонные персонажи, скудное операционное поле, сводящее движение игрока к набору элементарных действий. Убогость по сравнению с нынешними громадными игровыми Вселенными. Но, вероятно, в том-то и дело. Современный мир стал слишком сложным для восприятия. Мы тонем в хаосе законов, правил, регламентов, параграфов, предписаний... Они пугают и раздражают. Они превращают человека в беспомощную букашку, заплутавшую в джунглях. Он ощущает свою микроскопическую ничтожность. А потому — естественная реакция: социальный пользователь больше не хочет сложности. Он отвергает статус букашки. Он хочет вновь стать человеком, самостоятельно определяющим свой жизненный путь. Он жаждет ясности и простоты...»

Итак, в течении нашей жизни произошёл перелом. Но если поначалу, когда я понял, что Адель им ни за что не отдам, перелом был чисто локальным, внутренним и, главное, — неопределённым: он побуждал к действию, но контур самого действия никак не обозначал, то сейчас он как бы подтолкнул лавину событий, которые начали разворачиваться с калейдоскопической быстротой. Вектор их был направлен вполне однозначно. Иван сформулировал его так: надо идти в Игру.

— Карта — это хорошо, — говорил он, изучая распечатку с флешки. — Карта — это то, что нам требуется. Посмотрите, здесь и ямы-ловушки указаны, и болото, и помечен Призрачный мост, и липкие пятна, имитирующие асфальт, и даже места, где заложены кувшинчики с магией. Магия в дополнение ко всему мне очень бы пригодилась...

— Тебе? — удивился я.

— Да, мне, Алексей Георгиевич, а кому же? →

Продолжение. Начало см. «Наука и жизнь» №№ 10—12, 2023 г.

Неожиданно выяснилось, что Иван уже неделю готовится к этому предпринятию: по многу раз в день заходит в Игру, сидит в ней часами, изучает топографию, тоже составляет примерную карту, разумеется, не такую подробную, как у Хухрика, прикидывает различные варианты маршрутов. А попутно, стараясь не рисковать, отстреливает всякую мелкую нечисть, накапливая тем самым очки, уже пересёк рубеж в пятьсот долларов, приобрёл «зрение», два армейских ножа, броню, не стесняющую движений, меч вот не догадался купить, думал, не нужен, но ничего, есть доступ к счёту Адели, на меч хватит...

Тут у нас разгорелся ожесточённый спор. Я настаивал, что в Игру следует идти мне: семьдесят два года, терять нечего, к тому же у меня присутствует сильная мотивация — спасти Адель, ты же понимаешь, как это для меня важно!

Иван вежливо, но обоснованно возражал: как раз возраст — главное препятствие. Не та реакция, вы споткнётесь, если не на первом же, то на втором ядозубе, а против маглора у вас вообще шансов нет. Попутно выяснилось, что сам Иван почти три года ходил в секцию фехтования.

— Это ещё зачем?

— Схватки в фехтовальных поединках стремительные, вырабатывается скорость реакции, полезно потом и при физическом контакте, и при огневом.

— Неужто приходилось стрелять?

— Пока нет, слава богу, но зарекаться не следует... Давайте вернёмся к теме. Конечно, меч — не шпага, с которой я в основном имел дело, но базовые навыки те же самые.

А что касается личных мотивов, тут Иван, уткнувшись в распечатку, стараясь не встречаться со мной взглядом, сообщил, что три дня назад ему позвонила Адель (откуда, интересно, узнала номер? Впрочем, думаю, заглянула в мой телефон) и при встрече прямым текстом предложила ему, как он, щадя меня, иносказательно выразился, «близкие контакты третьего рода», если Иван, в свою очередь, поможет ей разобраться с одной хитрой Игрой, которой она увлеклась.

— Слово «Игра» она произносила как будто с заглавной буквы, — заметил Иван.

Причём возникло у него подозрение, что аналогичное предложение Адель делала не только ему.

У меня действительно перехватило дыхание. А Иван, не отрываясь от карты, ощерился, будто намереваясь впиться зубами во враждебную плоть. У него, по-видимому, тоже произошёл перелом. Я видел, какими глазами он смотрел на Адель. Однако Иван с приступом агрессии тут же справился, и голосом, где совершенно отсутствовали эмоции, сообщил, что существует ещё один фактор, который следовало учесть:

— За мной следят.

Я вздрогнул:

— Свои?

— Трудно сказать... Но не похоже... Слишком часто они меняются и слишком легко их засечь. Хотя свои тоже... знаете... мне кажется, что по крайней мере какая-то их часть уже включилась в Игру... Но тут — нет, тут что-то иное...

Далее Иван высказался в том духе, что, судя по материалам, которые он тщательно изучил, маглоры в своей экспансии предпочитают действовать в основном ненасильственным образом: это проще, привлекает меньше внимания. Но если кто-то начинает оказывать им сознательное сопротивление, если представляет угрозу, реальную или потенциальную, то возникает защитная, постепенно усиливающаяся реакция — так лейкоциты собираются вокруг инородного тела, попавшего в организм.

Я прищурился:

— Интересная мысль.

Теперь мне стало понятным, почему Иван, проскользнув в квартиру, прежде всего внимательно, стоя у окна сбоку, оглядел двор, куда выходила парадная. А потом, из другого окна, уже в гостиной, осмотрел переулок, где словно застыла вдоль тротуара цепочка машин. А интересна эта мысль была тем, что если наблюдение, сделанное Иваном, верно, то получается, что у Игры нет разума: она представляет собой именно вирусную систему, способную лишь на самые примитивные типы реакций. Это следовало обдумать, впоследствии, сейчас данный факт особого значения

не имел. Тем не менее я заметил, что мы разговариваем, понизив голос. Иван это тоже заметил, усмехнулся:

— Пуганая ворона куста боится. — Обвёл взглядом комнату, потянулся к стене, включил радио, пощёлкал программы, нашёл какую-то музыку. — Маловероятно, что здесь организовали прослушку, но бережёного бог бережёт...

В одном Иван, безусловно, прав: времени у нас почти не осталось. Игра быстро распространялась, захватывая всё новые и новые территории. Я не знал, насколько глубоко она проникла в организацию, где служил Иван, но не сомневался, что геймеры там уже появились. И также не сомневался, что появились они и в администрации города. Боже мой, да что там наша убогая администрация! Судя по тому, как изъяснялись Ева или Арсений, обширные очаги Игры давно проникли и в Европу.

В общем, Иван сказал, что на подготовку ему потребуется ещё неделя. Он хочет как следует, до автоматизма проработать весь начальный маршрут, по крайней мере, довести его до канала (рубеж Коломенского района), до Трёх мостов: обидно будет споткнуться на какой-нибудь ерунде.

— Надеюсь, неделю мы продержаться сумеем. И, кстати, как там у нас насчёт кофе?

Странная это была ситуация, она тоже запечатлелась у меня в сознании, словно выделенная особой подсветкой: разгар дня, блистающее летнее солнце, распахнутые настежь окна, детские голоса и крики, доносящиеся со двора. Город жил обывательской жизнью. И в это время два человека, в здравом уме, сидя в гулкой квартире, по которой, колыша шторы, гуляли лёгкие сквозняки, вполне серьёзно, точно заговорщики, на пониженных голосах обсуждали, как им спасти человечество.

Кофе мы тогда выпили немеренное количество, обсудив попутно массу посторонних вопросов. Может ли Игра захватить весь мир? Тут мы оба сошлись, что да, разумеется, может: большинство людей жаждет именно чётких и ясных правил социального бытия, свобода им не нужна, она влечёт за собой ответственность. И можно ли будет «зрячим», не геймерам, жить в поработанной стране? Конечно,

можно, рецепт: поведенческая мимикрия, ничем не выделяйся, действуй, как все. Не является ли аналогом нашей Игры «юридическое общество» Запада — когда на каждый жизненный случай создаётся закон? Я с этим не согласился: закон можно изменить или вообще отменить, но в том-то и дело, что правила Игры скорректировать нельзя. И в завершение — как добраться до Башни, создающей маглоров: взорвать, сжечь, разломать?

— Не представляю, — честно сказал Иван, — знаю одно: чтобы победить, надо сражаться.

Неизвестно, до чего бы мы в итоге договорились, но около пяти вечера у Ивана замурлыкал сотовый телефон.

— Слушаю... Что?..

Я увидел на нём застывшую маску вместо лица.

Томительно тянулись секунды.

А затем:

— Хорошо. Понял, — сказал Иван, ровным, словно отшлифованным, голосом подавляя возбуждение собеседника, и, помедлив мгновение, нажал кнопку отбоя. Перевел тёмный взгляд на меня.

— Они всё же его достали. На платформе «Площадь Восстания», столкнули под поезд.

Я даже не стал спрашивать, о ком речь. И так было понятно, что это о Хухрике. Я пробормотал:

— А это значит...

— А это значит, что недели у нас нет, — сказал Иван.

Затаив дыхание, я смотрел, как Иван продвигается в зеленоватой атмосфере Игры. С локализацией повезло: он вошёл в игровое пространство неподалёку от Сенной площади. Это составляло чуть больше половины пути до Башни. Видимо, где-то в этом районе находилась квартира, которую он специально для данной операции снял. Удача, несомненно, удача! Инсталляция хоть и была, как правило, привязана к месту физического нахождения игрока, но всё же существовал и ощутимый разброс. Иван рисковал очутиться чёрт знает где: возле Невского, например, или в переулках у Исаакиевского собора. Сразу после входа в Игру он прихлопнул двух синхронно

прыгнувших на него ядозубов. Почему ядозубы сработали в паре, я объяснить не мог. Подразумевалось — по крайней мере, так я понимал, — что в начале Игры они должны появляться поодиночке. Или это тот самый пропорциональный рост, о котором рассказывал Хухрик? Ведь Иван на этой неделе в Игру не раз заходил, очки набирал, увеличивал рейтинг, значит, ему положен более высокий уровень сложности.

Реакция у него была потрясающая. Иван выглядел сейчас как подлинный воин: в лёгкой броне, состоящей из полупрозрачных золотистых чешуек (движений они, по-видимому, не стесняли), на поясе с левой стороны — меч, с правой — ещё один нож, пока не использованный (лезвие первого растворилось в крови ядозуба), в руках — арбалет (когда он успел его зарядить, я тоже отследить не успел).

Картинка была изумительно ясной. Мы с Иваном договорились, что на время операции я надену очки, сопряжённые с ноутбуком Адели, для объёмного видения (сам я пребывал, естественно, у себя), но контактные чипы ни в коем случае подключать не стану. В этом случае, как он объяснил, я получу возможность следить за Игрой, но при этом останусь вне игрового поля. Говоря проще: я никого убить не смогу, зато и меня тоже никто не убьёт.

Мне отводилась скромная роль наблюдателя.

Так что я всё видел яснее ясного. И не только видел, мы даже переговариваться могли. Хотя, добавлю, голос у Ивана был какой-то картонный, на фальцете, утрированный, словно у персонажа мультфильма. Или так и было задумано? Но визуал Игры в самом деле был исключительный: фантастическая достоверность текстуры, стереоскопия, эффект присутствия, каждый дом, каждый камень, каждая травинка представляли такими, какими и должны были быть. Я замечал пыль на стёклах, мелкую рябь в канале.

Однако больше всего поражало, как легко и непринуждённо Ивану удаётся идти. Двигался он, словно танцуя, тут же схватывая окружающее и предугадывая опасности, возникающие одна за другой. Вот он прихлопнул ещё одного бородавчатого ядозуба, тот шлёпнулся об асфальт и раз-

валился на пиксели. Вот уложил чупакабру, бредущую как бы рассеянной, обманчиво безопасной походкой. Без проблем отбился от трёх взвизгнувших игл дикобраза и сразу, вроде бы и не целясь, навскидку, всадил ему стрелу прямо в глаз. Пробираясь через мрачную, в пятнах плесени и потёках, узкую и извилистую вереницу сквозных дворов, он шагнул под арку, тут же, не задумываясь, отскочил и, переждав, пока осядет облако пыли от тонны рухнувших кирпичей, осторожно перебрался через завал. Думаю, я не добрался бы и до арки. А Иван, между тем, ухитрился, как по канату, натянутому под куполом, прокрасться по узенькой тропочке между тремя хитро устроенными ловушками и подобрать хрустальный кувшинчик с магией — она, пробежав по нему синими искрами, впилась в кожу.

Несколько растерялся он, лишь когда поднялся с какого-то лежбища носорог размером с трамвай и, взрыкнув нутряным басом, ринулся на врага. Откуда это страшилище? Я не помнил, чтобы такой персонаж присутствовал в методичке у Хухрика. Но он же предупреждал: Игра обладает конфигуративной спонтанностью, сама выбирает наиболее эффективную стратегию сопротивления, может создавать самые неожиданные варианты. Здесь, скорее всего, был именно такой случай. Стрела, выпущенная из арбалета, звякнула и отскочила от костяных бляшек, покрывающих тушу. Я вздрогнул, почувствовав, что Иван еле успел увернуться: опасно заточенный рог вспорол воздух буквально в миллиметре от его тела. Самого Ивана отбросило метров на пять ударом массивного бока. Он даже на ногах не сумел удержаться, перекатившись по асфальту брошенным веретеном. А пока поднимался и от сотрясения приходил в себя, носорог развернулся и снова ринулся в атаку. Несмотря на ужасающие размеры, двигался он весьма проворно. Хотя я взирал на схватку со стороны, ощущал, как земля подрагивает от топота тумбообразных ног. Впрочем, это мельком, действительно со стороны, поскольку лихорадочно, роняя страницы, листал распечатку: неужели про носорога так-таки ничего и нет?

Однако Иван справился без подсказки. Он вытянул руки вперёд, как бы упёршись

в стену растопыренными ладонями, по телу пробежала быстрая судорога, он весь напрягся, окаменел — и тут с пальцев его, из-под ногтей, заструились синие молнии, охватившие носорога ярким огнём. Тот резко затормозил, проехав ногами-тумбами по асфальту, остановился, поводит туда-сюда массивной башкой, неуверенно покачиваясь, переступил влево-вправо и вдруг с шумом, со свинячим хрюканьем рухнул в яму-ловушку.

Взлетел фонтан жидкой грязи, комки её с чмоканьем начали шлёпаться на асфальт, и через секунду бугристая туша исчезла.

— Молодец!.. — крикнул я, наконец выдохнув из груди напрочь перегоревший воздух.

Сердце у меня колотилось.

А Иван развёл руки и, как артист, поклонился:

— Аплодисменты!.. — игриво помахал он. — Между прочим, ещё триста долларов на счету.

Напрасно он так расслабился.

Уже в следующее мгновение мы, по моему, одновременно заметили, что на всём пространстве Игры воцарилась какая-то нехорошая тишина: ни звука, ни движения, ни колебания воздуха, словно опустилось на нас невидимое, но толстое, обморочно-душное одеяло. Справа, за каналом, возвышался Никольский собор, деревья на бульваре, отделяющем его от улицы, почернели и скорчились, как бы обуглившись. Слева находилась галерея Торговых рядов, под арками их скопилась чернильная тьма. Из этой тьмы, из этой непроницаемой черноты, видимо, порождённый и питанный ею, выделился продолговатый сгусток — уплотнился, приобрёл почти человеческие очертания и — шагнул прямо на середину улицы, преграждая дорогу.

Из верхней части его, где постепенно проступало лицо, вырвалось длинное прерывистое шипение. Будто высунулся змеиный язык. Так я впервые увидел маглора.

Но не о нём я подумал в эту секунду. Другая мысль вспышкой озарила сознание. По-моему, я даже негромко вскрикнул. И даже чуть не сорвал с себя дугообразные игровые очки.

Как там Адель?

Из переписки в сетях:

...Братцы! Вот это игруха! Как сел на неё, так и уехал. Ничего такого раньше не знал. Ни вру ни скока! Кто ещё не распробовал давай сюда! Чесслово! Ни пожалейте!..

...Согласен, игра классная. Сразу захватывает. И не надо ни регистрации, ни аккаунта, ни пароля, ни телефона, вообще ничего. Входи и играй...

...Ой, я тоже хачу. А где эту игру можно найти?..

Адель с бокалом в руках бродит по банкетному залу, освещённому, несмотря на солнечный день, кругами трёхъярусной люстры со множеством хрустальных висюлек. В бокале не вино, а тёмно-вишнёвый сок, ни разу не натуральный, оставляющий на языке привкус парфюма.

Это семинар по развития среднего бизнеса. Её привез сюда Бегемот, сказав, что тут будут нужные люди. И действительно, помимо участников, в зале оказались два руководителя департаментов из администрации города, три депутата местного Законодательного собрания и аж депутат Госдумы, сказавший речь на открытии. Собственно, на него Адель и нацелилась. Проникнуть в Госдуму — здорово, это была бы качественная работа. Хозяин был бы доволен. Главное — удалось бы снова набрать очки из-за неожиданного сбоя с Иваном: чёрт бы его побрал! Всё вроде бы начиналось нормально и вдруг он сорвался с крючка. Что она не так сделала? Хозяин выразил недоумение. Правда, если подумать, тут, вероятно, сыграла роль профессиональная подозрительность офицера спецслужб. С наскака такую стенку не прошибёшь. Дурачок, своего счастья не понимает. Ведь как здорово, когда всё человечество превращается в единую любящую семью! Какое это необыкновенное наслаждение — участвовать нотой во Вселенской Гармонии, где каждый исполняет сольную партию, а все вместе, дополняя друг друга, сливаются в мощный торжествующий хор. Словами это не объяснишь, это надо почувствовать. Ничего, через

какое-то время она повторит попытку. Терпение и настойчивость, как внушает Хозяин, обязательно принесут успех.

При мысли о Хозяине у неё, как всегда, прокатывается по телу волна тёплой радости, будто согревает его ласковый солнечный луч. Конечно, всё будет в порядке. Ведь как быстро они с Валентиной завербовали сотрудников фирмы, даже Басила, — на что уж хмурый, заторможенный, туповатый, — и тот не устоял. А как легко ей удалось подключить Бегемота?! Уже через пару дней, чуточку оклемавшись, он без разговоров выделил приличную сумму на рекламу Игры, и вот, пожалуйста, на престижный семинар её захватил.

Кстати, и фирме это пошло на пользу — не бегают, как раньше, то и дело к кофейному автомату, не толпятся там, не гогочут, не рассказывают анекдотов, которым в обед — сто лет. Продажи, по данным отдела сбыта, выросли почти на двадцать процентов. Что не удивительно: работают теперь не на дядю раскормленного, а на семью, к которой сами принадлежат.

А просочиться в Госдуму было бы здорово.

Адель планирует по залу. Поглядывает на окна с волнистыми приспущенными «маркизами», на серебряные светильники в виде нимф с подчеркнута эротическими фигурами и терпеливо ждёт, пока рассосётся кружок, собравшийся возле велеречивого депутата. Человек пять или шесть вежливо толкаются, протискиваются поближе, делают вид, что внимают, поддакивают, улыбаются, сами пытаются (и безнадежно) что-то ему втолковать. Депутат вежливо улыбается в ответ, кивает, и чувствуется, что всё ему давно надоело. Впрочем, вот один отошёл, осознав тщетность попыток, вот аккуратно, как шелуха, отслоился второй, да и третий тоже начал оглядываться по сторонам... Пора!

Адель мягким движением втискивается в кружок. В тусклых глазах депутата загораются огоньки интереса. Женщин здесь мало, семинар исключительно деловой, а Адель натянула сегодня такое платье, которое не столько скрывает, сколько подчёркивает телесный ландшафт. С лёгким румянцем, с трепетностью во взоре — она чудо как хороша! И пусть назойливый

человечек внутри по-прежнему кричит и размахивает руками, Адель не обращает на него внимания. Шаг вперёд.

— Мы, кажется, незнакомы? — проникновенно говорит депутат, обнажая крупные белоснежные зубы. — Разрешите представиться...

Он говорит что-то ещё. Кажется, спрашивает, какую фирму она представляет. Однако Адель внезапно отключается от него. Её, как горячим паром, обдаёт жар тревоги: что-то непонятное происходит с Хозяином. Она ощущает его растерянность, даже ошеломление, его ярость, его смертельный испуг. Хозяину угрожает опасность, он призывает её на помощь. В смятении Адель оглядывается и понимает, что вместе с ней точно так же оглядываются сейчас десятки, может быть, сотни людей, не только в зале, но и по всему городу, оглядываются, замирают, как в столбняке, прислушиваются: чем помочь? А некоторые, кто уже догадался, срываются с мест и куда-то бегут.

И, кажется, она знает — куда. Прозрение. Точный адрес.

Но ведь ей не успеть.

Отчаяние.

— Что с вами? — спрашивает депутат.

Голос его доносится откуда-то издалека. Слов не понять, да Адель и не пытается разобраться. Страх, боль, беспомощность петардой взрываются в голове. Она отворачивается от депутата и тоже бежит — сначала по коридору мимо поблёскивающих тёмным лаком дверей, затем по ступенькам мраморной лестницы, едва не падая, чуть касаясь перил, и далее — по обширному гулкому вестибюлю. Ноги у неё подгибаются: ей не успеть, не успеть! Дыхание рвётся, петарда рассыпается снопом огненных брызг. Тревога сменяется тупой ватной слабостью: поздно, поздно, уже всё закончилось, всё свершилось. Хозяин мёртв, ему ничем не поможешь. Семья умирает. Вселенская Гармония распадается на фрагменты. Как дальше жить? Адель утыкается лбом в колонну серого мрамора. Она едва сдерживается, чтобы не закричать. Мир вокруг становится тусклым и пресным, словно из прессованного картона...

(Окончание следует.)

НАУКА И ЖИЗНЬ

Переписка с читателями

Добрый день, уважаемая редакция!

Очень люблю ваш журнал, читаю его вот уже тридцать лет. В первую очередь благодарю за интересные статьи! Но хочу сообщить, что в последний номер у вас вкралась ошибка. В разделе «Бюро иностранной научно-тех-

нической информации» вы опубликовали заметку «Воскресят ли тасманийского дьявола?», однако посвящена она тасманийскому волку (тасманийскому сумчатому тигру).

Тасманийский дьявол — совсем другое животное, оно обитает на острове Тасмания и сегодня. В дикой природе их, по оценкам зоологов, около 25 тысяч особей. Да, этот

зверь в списке исчезающих, австралийские зоологи прилагают большие усилия для его сохранения, однако полностью вымершим он не является.

По профессии я переводчик, бывала с делегациями и в Австралии, где видела тасманийских дьяволов в зоопарках.

С уважением, Ангелина Масленникова (Москва).

«ВОСКРЕСЯТ ЛИ...» НО КОГО?

Уважаемая Ангелина Александровна!

Вы правы, в заголовке заметки, о которой идёт речь, — ошибка, следовало написать: «Воскресят ли тасманийского волка?» Вымерший тасманийский волк и живущий доньше, хоть и сильно сократившийся в численности, тасманийский дьявол — разные животные. Сама же заметка в разделе БИНТИ в № 12, 2023 г. касалась именно вымершего вида.

Приносим извинения читателям.

Редакция журнала
«Наука и жизнь».



Чучело сумчатого волка — экспонат Музея естественного знания в Стокгольме. Взяв из него генетический материал, шведские палеобиологи смогли выделить РНК для изучения этого вымершего животного.



Тасманийский дьявол — зверёк небольшой (крупный самец весит до 12 кг, высота в холке до 30 см), но весьма прожорливый: за сутки съедает до 15% от своего веса, питается мелкими животными, насекомыми, клубнями растений. Этот генетический родственник сумчатого волка, по-видимому, неплохо «зацепился» за жизнь.

Хорошо, когда в кармане есть мелочь. Но очень неудобно вынимать её у кассы магазина, ведь кошельки нынче не в моде. Большой плоский магнит решит проблему, поскольку все монетки любого цвета в наши дни сделаны из стали.

Зима страшна не морозами, а тем, что под ногами скользко. Если у обуви достаточно толстая резиновая подошва, воспользуйтесь услугами шиномонтажа. Специальный пистолет зашипует вашу обувь точно так же, как и автомобильную шину. Для одной ноги вполне достаточно шести-восьми шипов.

Ещё один вариант: чтобы обувь не скользила на плохо почищенных тротуарах, наклейте 2—3 полосы



пластыря на подошву. Но в аптеке берите не современный, тонкий и на плёнке либо бумаге, а старого типа, на ткани, белый. Он стирается за день-два, но пока есть — решает проблему, а затем его нетрудно заменить.



Вставляя какой-либо контакт или флешку в соответствующее гнездо компьютера, в половине случаев обычно ошибаешься, приходится перевернуть контакт и попытаться ещё раз. Во избежание лишней возни пометьте правильную сторону несмываемым фломастером.



Если ключи или какие-то другие металлические предметы упали в глубокую, но узкую щель, куда руку не просунешь, например, позади тяжёлого несдвигаемого шкафа, привяжите к верёвочке магнит и удите.

Шнурки на кроссовках имеют обыкновенные развязывающиеся сами собой. Но если натереть их канифолью, нехорошее свойство исчезает.



Заточить ножи и ножницы ножеточкой с резцами из твёрдого сплава способна любая домохозяйка. Но качество работы будет заметно выше, если предварительно смочить лезвие средством для мытья посуды.

Советами делятся: Л. АШКИНАЗИ, М. БИРЮКОВ и Ю. РЯЗАНЦЕВ (Москва), Е. ЛЫТКИН (г. Хамрун, Республика Мальта).

НАУКА И ЖИЗНЬ
ПЕРЕПИСКА С ЧИТАТЕЛЯМИ

ОТВЕТЫ НА КРОССВОРД С ФРАГМЕНТАМИ
(№ 12, 2023 г.)

По горизонтали. **5.** «Конкорд» (британо-французский сверхзвуковой пассажирский самолёт, находившийся в коммерческой эксплуатации с 1976 по 2003 год). **6.** Каверин (Вениамин Александрович, 1902—1989, советский писатель, драматург и сценарист; приведён отрывок из романа «Два капитана»). **8.** Раушенбах (Борис Викторович, 1915—2001, российский физик-механик, один из основоположников советской космонавтики, академик, доктор технических наук; перечислены некоторые книги Б. В. Раушенбаха и годы их публикации). **11.** Стреха (нижний, свисающий край крыши деревянного дома, избы для предохранения стен от осадков, а также сама крыша, кровля; на фото: Погодинская изба в Москве). **12.** Иридий (химический элемент 9-й группы, 6-го периода Таблицы Д. И. Менделеева; приведён химический символ). **13.** Герон (Александровский, ок. 10 — ок. 75 г., греческий инженер, математик и механик; первым изобрёл автоматические двери, автоматические декорации, паровую турбину, прибор для измерения протяжённости дорог — одометр; приведён рисунок автоматической двери по Герону из его книги «Пневматика»). **15.** Камедь (высокомолекулярный углевод, главный компонент эксудатов, выделяемых растениями при механических повреждениях коры или заболеваниях; на фото: камедь на стволе декоративной вишни). **16.** Хронос (в греческой мифологии воплощение времени; согласно легенде, Хронос родил огонь, воздух и воду, а от этих стихий произошёл ряд поколений богов; приведён отрывок из трактата Марка Туллия Цицерона «О природе богов»). **19.** Айова (штат в США). **21.** Денник (отдельное просторное стойло для крупных домашних животных, главным образом лошадей, быков). **23.** Реомюр (Рене Антуан, 1683—1757, французский естествоиспытатель и натуралист, энтомолог, физик и математик; в 1730 году описал изобретённый им спиртовой тер-

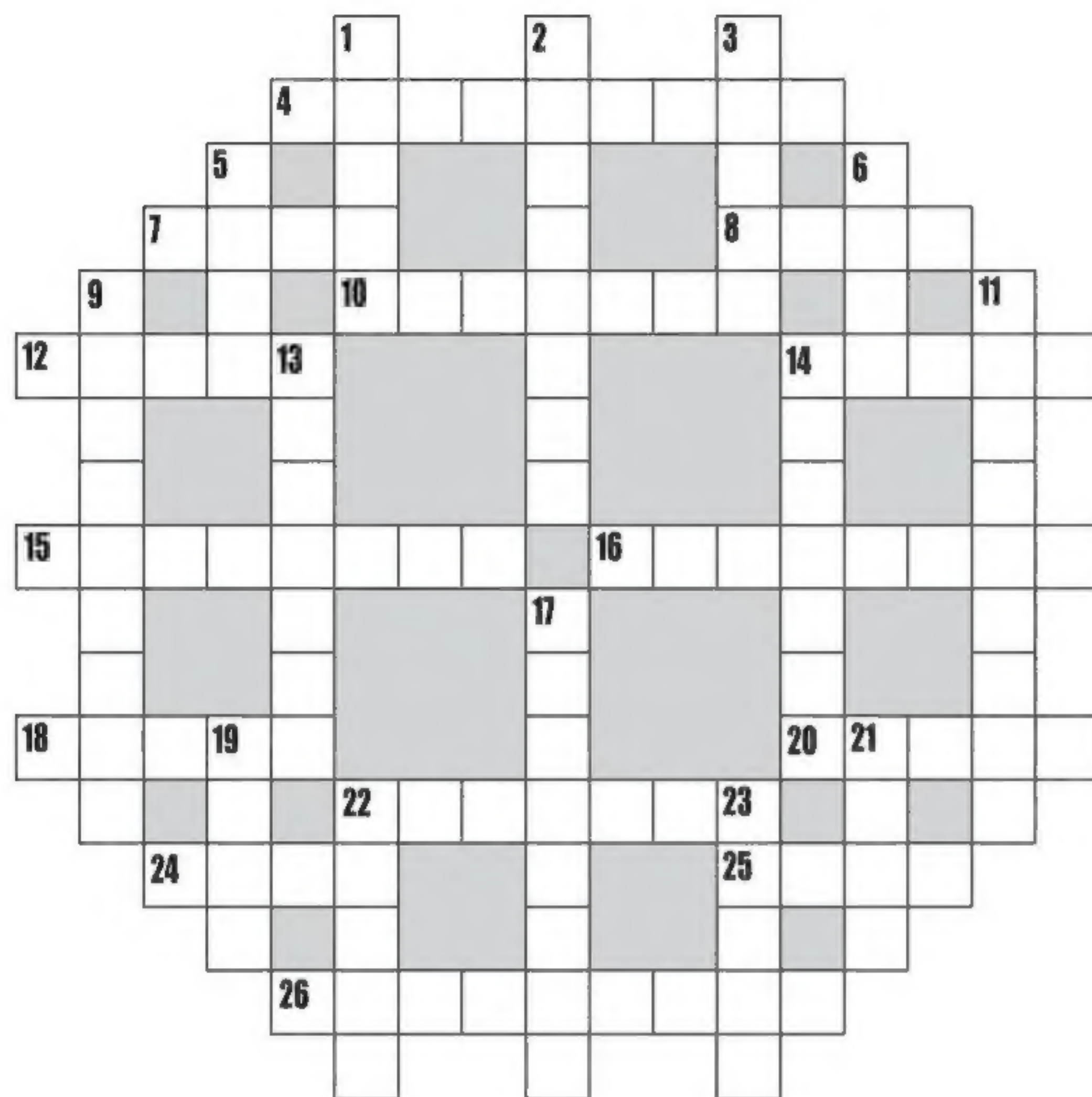
мометр, шкала которого определялась точками кипения и замерзания воды и была разделена на 80 градусов). **24.** Недоросль (слово «недоросль» в XVIII веке означало молодого дворянина, который не выучился должным образом и не получил удостоверения от учителя; такие люди были ограничены в правах, не могли поступить на службу и вступить в брак; приведён отрывок из стихотворения А. В. Кольцова «Что значу я?»). **25.** Аксиома (или постулат; заведомо истинное утверждение, принимаемое без доказательств; приведена аксиома параллельности Евклида). **26.** Инкассо (посредническая банковская операция по передаче денежных средств от плательщика к получателю через банк с зачислением этих средств на счёт получателя).

По вертикали. **1.** Лопасть (широкая плоская часть какого-либо инструмента, приспособления, орудия; на фото: ветряная мельница с лопастями). **2.** Аркада (ряд одинаковых по форме и размеру арок, опирающихся на колонны или столбы; чаще всего аркады встречаются в открытых галереях, в конструкциях древних акведуков; на фото: аркада Пинакотеки Брера, Милан, Италия). **3.** Вазари (Джорджо, прозванный Аретино, 1511—1574, итальянский художник, архитектор и писатель, автор «Жизнеописаний наиболее знаменитых живописцев, ваятелей и зодчих»; на фото: мемориальный скульптурный портрет Дж. Вазари в его родном городе Ареццо, Италия). **4.** Физалис (самый крупный род растений семейства Паслёновые; приведён рисунок физалиса обыкновенного из книги О. В. Томе «Флора Германии, Австрии и

Швейцарии», 1885 г.). **7.** Венера (вторая по удалённости от Солнца и шестая по размеру планета Солнечной системы; на снимке, сделанном АМС «Маринер-10» в 1974 году, Венера в видимом и ультрафиолетовом свете). **9.** Пентамино (настольная игра-головоломка из 12 различных по форме фигур, состоящих из пяти квадратов). **10.** Циклотрон (резонансный циклический ускоритель нерелятивистских тяжёлых заряженных частиц — протонов, ионов, в котором частицы движутся в постоянном и однородном магнитном поле, для их ускорения используется высокочастотное электрическое поле неизменной частоты; на фото: 27-дюймовый циклотрон, построенный Э. О. Лоуренсом в Калифорнийской радиационной лаборатории в Беркли в 1932 году). **13.** Гидра (гидры — род пресноводных сидячих кишечнорастных животных из класса гидроидных). **14.** Нарта (также нарты; узкие длинные сани для езды на упряжках из собак или северных оленей; приведён отрывок из романа В. К. Арсеньева «Дерсу Узала»). **17.** Козырь (в допетровской Руси высокий стоячий воротник, закрывавший весь затылок; приведён фрагмент картины К. В. Лебедева «Боярская свадьба» из собрания Третьяковской галереи, на которой жених изображён в кафтане с козырем, 1883 г.). **18.** Рефлекс (ответная реакция организма на те или иные воздействия, осуществляющаяся через нервную систему; приведена схема коленного рефлекса). **20.** «Лютнист» (картина Караваджо, 1595 г., из собрания Эрмитажа). **22.** Клемма (зажим для соединения электрических проводов с машиной или прибором; на фото: клемма «крокодил»). **23.** «Роланд» (опера французского композитора Жана-Батиста Люлли; перечислены названия некоторых опер Ж.-Б. Люлли и годы их создания).

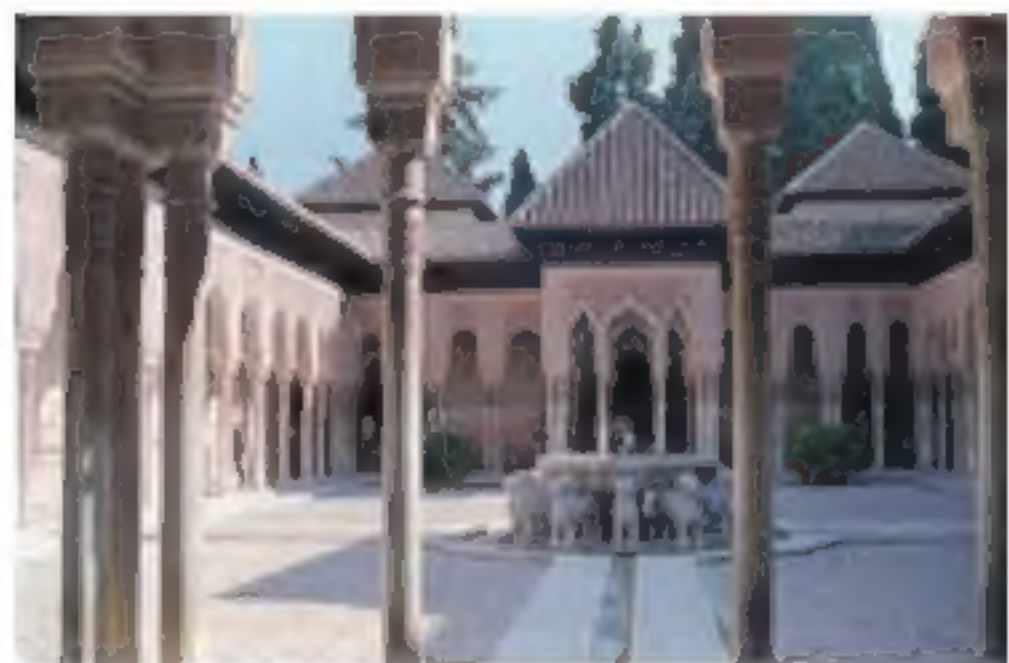
Первыми правильные ответы на все вопросы кроссворда из № 12, 2023 г. прислали Ю. В. Попов из Воронежа, Ю. А. Морданов из Кирова, Н. М. Черных из Краснодара, Т. Б. Виссонова из г. Нелидово Тверской обл., С. Г. Филатова, А. С. Колчин из Екатеринбургa, Л. О. Селиванова из Санкт-Петербурга, И. В. Чурдалёв и Е. Б. Мишутина из Нижнего Новгорода, С. А. и Т. А. Савельевы, В. В. Малаев и Т. В. Чаплыгина из Москвы, Ярослав Богомолов из г. Нарвик (Норвегия).

КРОССВОРД С ФРАГМЕНТАМИ

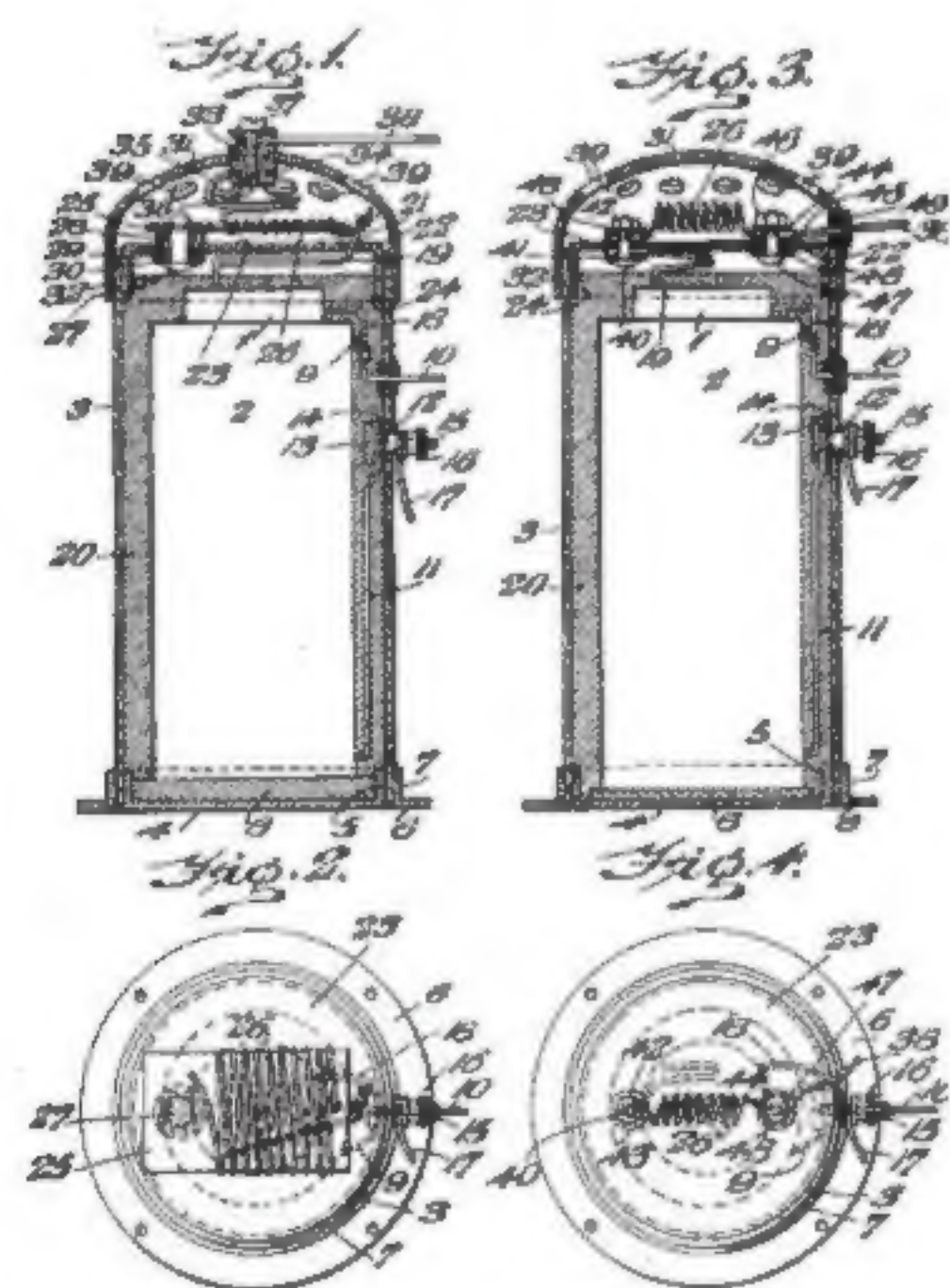


ПО ГОРИЗОНТАЛИ

4. (Название архитектурно-паркового ансамбля.)



7. (Изобретатель.)



8.



10. 1 <?> = 1/8 кадки = 1/2 четверти = 4 четверикам = 104,95 л.

12. «— А теперь скажи мне, что это ты всё время употребляешь слова „добрые люди”? Ты всех, что ли, так называешь?

— Всех, — ответил арестант, — злых людей нет на свете.

— Впервые слышу об этом, — сказал <?>, усмехнувшись, — но, может быть, я мало знаю жизнь!»

14. Каба, Кок, Тюстей — притоки реки <?>.

15. SO₃ (класс химических соединений).

16. (Название кратера.)



18. (Техника вышивки.)



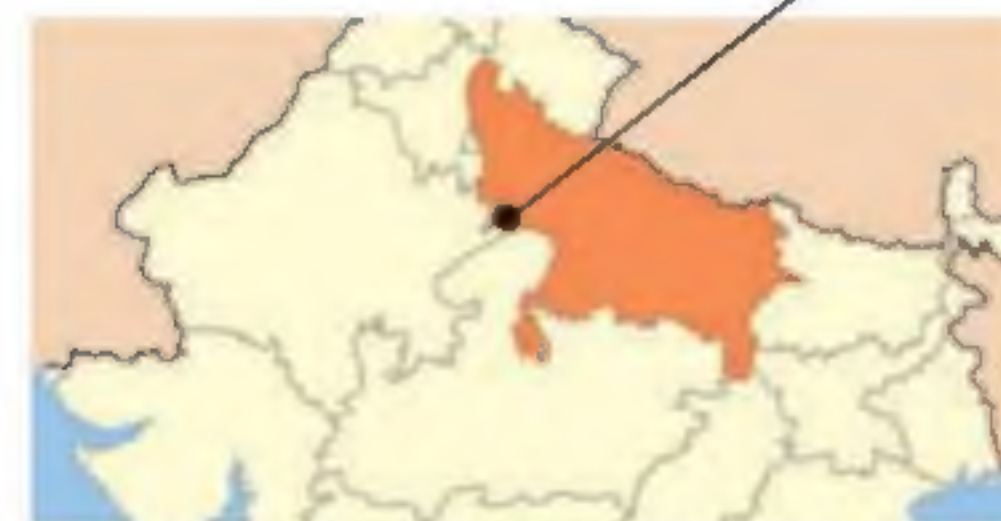
20.

Он к бровям моим прифос,
Он залез мне в валенки.
Говорят, он Дед Мороз,
А шалит,
как маленький!
Он испортил кран
с водой
В нашем умывальнике.
Говорят, он с бородой,
А шалит,
как маленький!
Он рисует на стекле
Пальмы, звёзды, ялики.
Говорят, ему сто лет,
А шалит,
как маленький!
(Поэт.)

22.



24. (Город.)



25. U.

26.



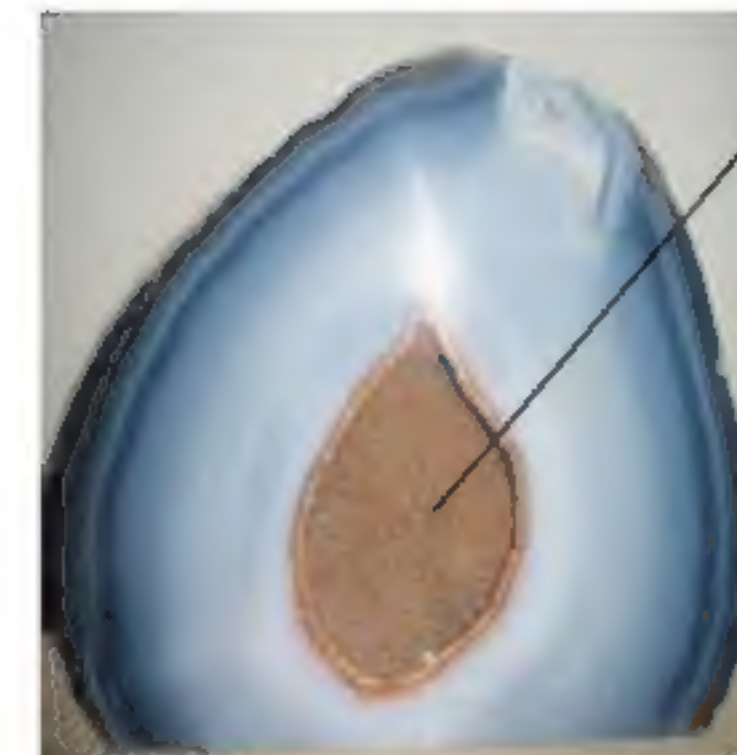
ПО ВЕРТИКАЛИ

1.



2. «В эпоху, когда самый воздух был пропитан честолубием, когда целое поколение повторяло слова Наполеона о том, что „гениальные люди — это метеоры, предназначение которых — жечь, чтобы просветить свой век”, когда с прибавкой эпитета „благородное” честолубие становилось неотделимым от патриотизма и борьбы за свободу, <?> мог бы подписаться под словами, сказанными другим поэтом через сто тридцать лет после его смерти: „Быть знаменитым некрасиво”».

3.



5.



6. Хараппа, Мохеджо-Даро, Дхолавира, Ганверивала, Ракхигархи — объекты цивилизации <?>.

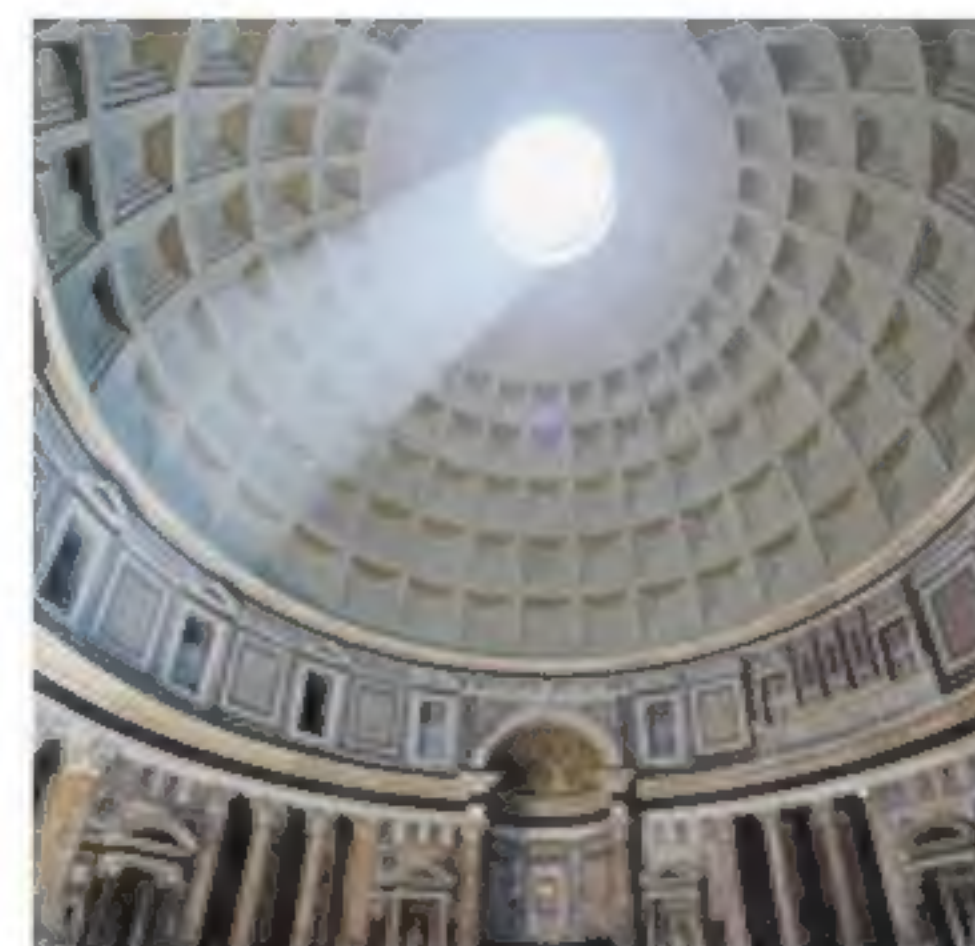
9.



11.



13. (Учёный, чьим именем назван оптический эффект.)



14. «Мы говорили тогда и о художественной этике, и свои постановления записали в протоколе отдельными фразами и афоризмами. Так, например: „Нет маленьких ролей, есть маленькие артисты”. Или: „Сегодня — Гамлет, завтра — <?>, но и в качестве <?> он должен быть артистом...”».

17.



19.



21. Edict.

22.



23.



Кроссворд составила
Наталья ПУХНАЧЁВА.

**Книги и журналы «Наука и жизнь»
можно купить в наших магазинах на OZON и WILDBERRIES**



**Книги издательства
«Наука и жизнь»**



**Свежий номер
журнала**



**Журналы и комплекты
прошлых лет**

**Покупайте журналы на маркетплейсах со скидкой и быстрой доставкой
в пункты выдачи в России, Беларуси и Казахстане**

OZON



WILDBERRIES



Главный редактор **Е. А. ЛОЗОВСКАЯ.**

Заместители главного редактора: **М. А. АБАЕВ, Н. А. ДОМРИНА.**

Зав. отделом корректуры и проверки **Л. М. БЕЛЮСЕВА.**

Редакторы: **Л. В. БЕРСЕНЕВА, Н. К. ГЕЛЬМИЗА, Т. Ю. ЗИМИНА, З. М. КОРОТКОВА, А. А. ПОНЯТОВ,
Л. А. СИНИЦЫНА, К. В. СТАСЕВИЧ, Ю. М. ФРОЛОВ.**

Дизайн и вёрстка: **З. А. ФЛОРИНСКАЯ, Т. М. ЧЕРНИКОВА, Т. Б. КАРПУШИНА, М. М. СЛЮСАРЬ.**

Заведующая редакцией: **Н. В. КЛЕЙМЕНОВА.**

Администратор сайта: **Т. М. ВАГИНА.** Информационное партнёрство: **Е. С. ВЕЛИЧКИНА.**

Служба распространения: **Д. В. ЯНЧУК,** тел. (495) 621-09-71. Служба рекламы: **Т. В. ВРАЦКАЯ,** тел. (915) 108-04-05.

Информация об условиях размещения рекламы: www.nkj.ru/advert/

Адрес редакции: 101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 24/7, стр. 1. Телефон для справок: (495) 624-18-35.

Электронная почта: mail@nkj.ru. Электронная версия журнала: www.nkj.ru

- Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели
- Перепечатка материалов — только с разрешения редакции
- Рукописи не рецензируются и не возвращаются
- Выпуск издания осуществлён при финансовой поддержке Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ

© «Наука и жизнь». 2024.

Учредитель: Автономная некоммерческая организация
«Редакция журнала «Наука и жизнь».

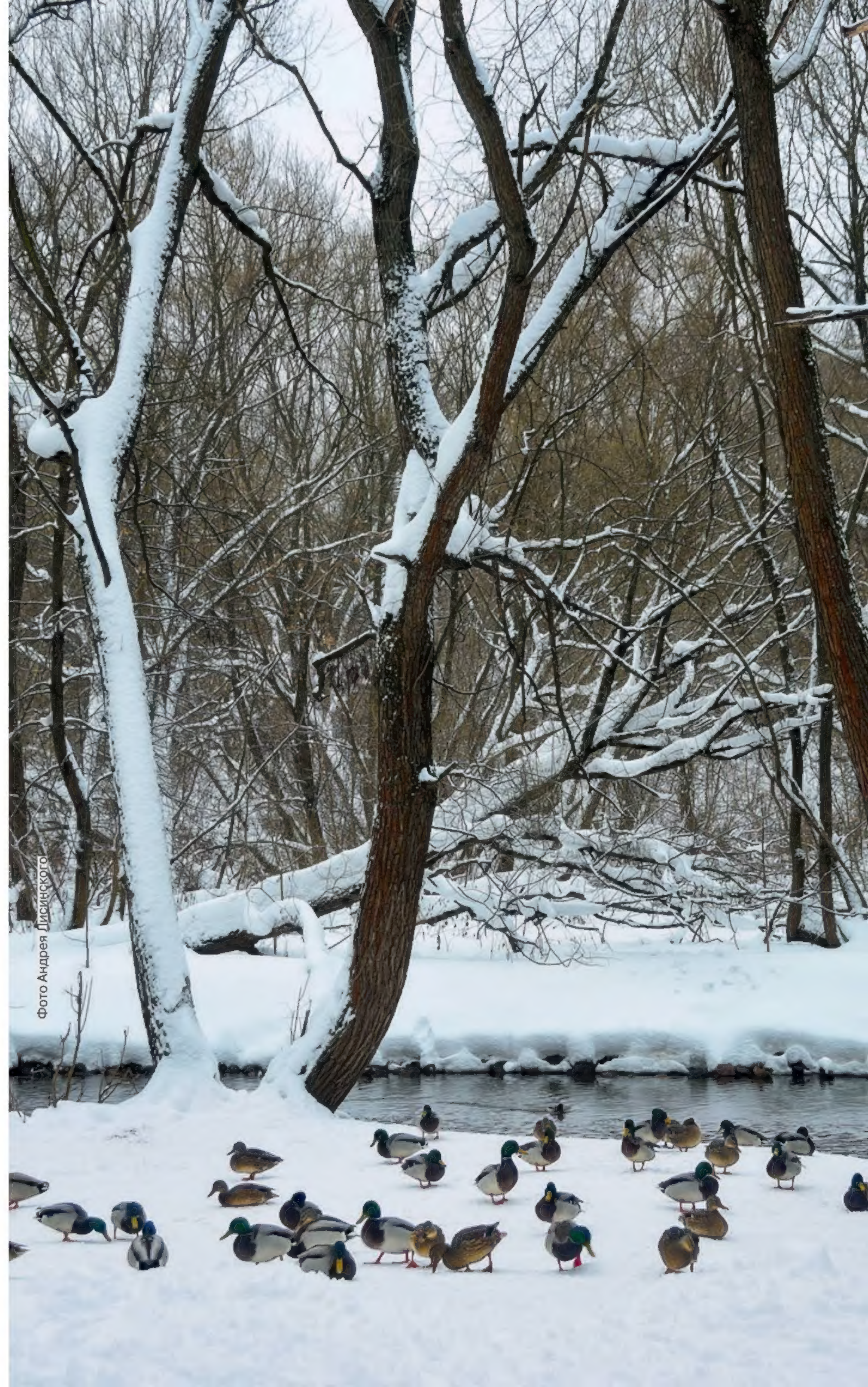
Журнал зарегистрирован в Государственном комитете Российской Федерации
по печати 26 февраля 1999 г. Регистрационный № 01774.

Подписано к печати 26.12.2023. Печать офсетная. Тираж 18100 экз. Заказ № 231136.

Цена договорная. Отпечатано в ООО «Первый полиграфический комбинат».

Адрес: 143405, Московская область, Красногорский район, п/о «Красногорск-5», Ильинское шоссе, 4-й км.

Фото Андрея Лисинского



НАУКА И ЖИЗНЬ

I

2024

Фото Сергея Третьяка

Подписные индексы:
П1467, П2831

